Untersuchungen

über die

Ossification des menschlichen Fussskelets.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doctorwürde.

Unter dem Präsidium des Herrn Prof. Dr. Rückert

der

Medicinischen Facultät zu München

vorgelegt von

Albert Hasselwander,

approb. Arzte.

STUTTGART.
Verlag von Erwin Nägele.
1903.

Untersuchungen

über die

Ossification des menschlichen Fussskelets.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doctorwürde.

Unter dem Präsidium des Herrn Prof. Dr. Rückert

der

Medicinischen Facultät zu München

vorgelegt von

Albert Hasselwander,

approb. Arzte.

ACAD. MEDICAT. BIBL.

STUTTGART.
Verlag von Erwin Nägele.
1903.

Untersuchungen über die Ossification des menschlichen Fussskelets.

Von Dr. **Albert Hasselwander.**

Mit Taf. XIII und 29 Textfiguren.

I. Einleitung.

Die in der Literatur enthaltenen zahlreichen Angaben über das Auftreten der Knochenkerne des menschlichen Skelets lassen vielfache Widersprüche und Ungenauigkeiten erkennen.

In erster Linie gilt das für die Zeitpunkte, in welchen die einzelnen Ossificationscentren auftreten sollen, weiterhin aber auch für den Fortgang der Verknöcherung bis zur Erreichung des fertigen Zustandes. Und zwar findet sich nicht nur bei dem gleichen Autor eine auffallende Schwankungsbreite für den zeitlichen Ablauf der Ossification ein und desselben Skeletstücks verzeichnet, sondern man trifft auch vor allem bei verschiedenen Autoren auf weitgehende Differenzen.

Diese mangelhafte Präcisirung ist um so auffallender, als die hier in Betracht stehenden Vorgänge nicht nur theoretisch-anatomisches Interesse bieten, sondern auch für forensisch-medicinische und pathologisch-anatomische Fragen Bedeutung erlangen können.

Trotz vieler und guter Beobachtungen, auch neueren Datums, haben die Ansichten über die Ossificationszeiten der Knochen noch so wenig feste Form angenommen, dass sich in einigen der besten Lehrbücher noch Angaben wie die von Schwegel des ersten Ansehens erfreuen; und doch bringt dieser Autor Aufstellungen, die sich nicht nur in ganz unwahrscheinlich weiten Grenzen bewegen, sondern auch Dinge enthalten, die schon dem flüchtigeren Leser als unhaltbar auffallen müssen.

Sucht man nach einer Erklärung dieser Unsicherheiten, so liegt wohl die Hauptursache in dem zu geringen Material, das bei den meisten einschlägigen Untersuchungen als Basis diente. Sind doch in den Anatomien Kinderleichen aus allen nöthigen Altersstufen nur äusserst schwer in der erforderlichen Menge zu erlangen. Die Aufstellung eines brauch-

baren für die überwiegende Mehrzahl der Fälle geltenden Durchschnittswerthes wird aber nur mittelst einer statistischen Verarbeitung eines grösseren Materials möglich sein. Nur auf diesem Wege werden sich extreme Fälle durch ihr selteneres Vorkommen als solche erkennen lassen und nur auf diese Weise wird es möglich sein, auch ein Verständniss für derartige Ausnahmsfälle durch Berücksichtigung der gesammten Körperbeschaffenheit des betreffenden Individuums anzubahnen. Dass die letztere von Einfluss auf den zeitlichen Ablauf der Ossification ist, erscheint a priori nicht unwahrscheinlich. Man denke nur an jene häufig vorkommenden leichtesten Fälle von Rachitis, die so wenig Erscheinungen machen, dass sie erst bei histologischer Untersuchung des Skelets erkannt werden.

Noch ein zweiter Factor darf für die Erklärung mancher der erwähnten Differenzpunkte nicht ausser Acht gelassen werden. Da es sich bei dem Auftreten der Verknöcherungscentren vielfach um die Zeit der intrauterinen Lebensperiode handelt, so ist die genaue Altersbestimmung des betreffenden Objects häufig eine ziemlich schwierige. Die Methode für die Bestimmung des Alters eines Fötus aus seinem Gewicht, der Grösse, dem Kopfumfang, bietet für den Einzelfall keine absolut zuverlässigen Anhaltspunkte, wenn sie auch auf der Berechnung von Durchschnittswerthen eines ausserordentlich grossen Materials fusst. Schwanken hier doch selbst die Angaben derjenigen Autoren, die solche Werthe angegeben haben, unter sich um ein Erhebliches.

Es liegt nun der Gedanke nahe, ob es nicht möglich wäre, diese Fehlerquellen einzuschränken, indem man durch genau und an einem grösseren Material ausgeführte Beobachtungen zur Aufstellung einer enger zu begrenzenden Mehrheitsnorm zu gelangen, und von da aus dann die Grösse der Schwankungen für einzelne Fälle festzustellen sucht.

Derartige Ueberlegungen bestimmten mich, auf Anregung meines verehrten Lehrers Professor Dr. Rückert aus der Lehre von der speciellen Ossification des menschlichen Skelets ein Capitel herauszugreifen, innerhalb dessen jene oben erwähnten Unsicherheiten besonders markant hervortreten: Die Ossification des Fussskelets.

Es kam also in vorliegender Arbeit darauf an, auf Grund eines ausreichenden Materials bestimmte und gut begründete Daten, einmal über die Zeiten, dann aber auch über den gesammten Vorgang der Ossification für die Fussknochen zu gewinnen. Wenn auch das von mir verwendete Material an Umfang dasjenige meiner Voruntersucher übertreffen dürfte, so glaube ich doch, dass es für sich allein zur Erledigung des von mir in Angriff genommenen Themas nicht ausreicht.

Derartige Fragen wie die vorliegende zur endgültigen Beantwortung zu bringen, geht meines Erachtens über die Aufgabe des Einzelnen hinaus. Sie beansprucht vielmehr die Arbeit mehrerer Forscher, die sich

in ihren Resultaten gegenseitig ergänzen können. Um dies aber zu ermöglichen, ist es nöthig, die Resultate so zu geben, dass sie jedem späteren Beobachter die Möglichkeit gewähren, die bereits vorliegenden Angaben auch auf ihre Beweiskraft hin zu prüfen.

Und für diesen Zweck kann nur eine Form der Wiedergabe in Betracht kommen, nämlich die tabellarische. Ich habe mich bemüht, diese Tabellen so zu gestalten, dass sie, ohne allzu grossen Umfang anzunehmen, doch dem Nachuntersucher einen genügenden Einblick in das von mir benutzte Materal bieten. Dabei war es nicht zu umgehen, auch die einzelnen Messungen, auf denen die Altersbestimmung beruht (Länge, Gewicht, eventuell Kopfumfang), mit aufzuführen. Es mögen also die in dieser Arbeit enthaltenen Tabellen in den dargelegten Gesichtspunkten ihre Entschuldigung und Begründung finden. Um nun diesen statistischen Zusammenstellungen die gewünschte breite Grundlage zu geben, habe ich mich neben der anatomischen Präparation der Röntgenmethode bedient.

Ich sage ausdrücklich, neben der anatomischen Präparation, weil ich es für unerlässlich halte, vor allem die Leistungsfähigkeit der Röntgen-Methode für Untersuchungen der Ossification zu prüfen. Zu diesem Zweck habe ich das gesammte von mir benutzte Leichenmaterial erst röntgographisch und dann auch präparatorisch untersucht, um so ein Urtheil zu gewinnen, wie weit die nur von Lebenden entnommenen röntgographischen Bilder zuverlässig sind.

Nachstehend gebe ich zuerst die Resultate, zu welchen ich in Bezug auf die Verwerthbarkeit dieser Röntgenmethode für die Untersuchung der Ossification gelangt bin.

Da ist denn vor allem als ein unschätzbarer Vorzug des neuen Verfahrens hervorzuheben, dass es uns gestattet, ein unbegrenztes Material von Kindern der verschiedensten Lebensalter auf den Stand der Ossification hin zu untersuchen, während das zugängliche Leichenmaterial gerade aus dem Kindesalter meist ein lückenhaftes ist.

Die Röntgenmethode bietet den weiteren grossen Vortheil, dem Untersucher ein Kindermaterial von völlig normalem Ernährungszustand zugänglich zu machen.

Ein dritter und sehr begrüssenswerther Vortheil endlich liegt in der grossen Uebersichtlichkeit, mit welchem die Röntgenstrahlen die Untersuchungsobjecte wiedergeben.

Während nämlich bei blosser präparatorischer Untersuchung leicht der Fall eintreten kann, dass kleine oder exponirt gelegene Ossificationscentren dem Untersucher entgehen, ist das bei der Klarheit der skiagraphischen Bilder nicht leicht möglich.

Diesen Vorzügen stehen allerdings mehrere Nachtheile gegenüber, die sogar geeignet sind, den Werth der Untersuchung geradezu in

Frage zu stellen, falls sie ausschliesslich mit den Röntgenstrahlen angestellt wird.

In erster Linie kann hier die angewandte Belichtungsdauer, welche zur Erreichung klarer und scharfer Bilder nöthig ist, zur Fehlerquelle werden. Sie muss für Objecte von verschiedener Grösse selbstverständlich eine ungleiche sein, und muss somit für jedes einzelne Alter besonders ausprobirt werden.

Dabei entstehen leicht unscharfe Bilder, die dann einerseits kleine Knochenkerne der Beobachtung entgehen lassen, andererseits Knochenpunkte und -Formen vortäuschen können, die durch Fehler der photographischen Platten oder des Entwicklungsverfahrens entstanden sind, in Wirklichkeit aber nicht existiren.

Sodann fehlt bei der Skiagraphie die räumliche Vorstellung, die auch bei der von Lambertz (37, p. 53) empfohlenen Betrachtungsweise nur eine ungenügende ist, da übereinanderliegende Knochen bezw. Knochenkerne auf eine Ebene projectirt werden können, sich gegenseitig decken und so dem Untersucher entgehen.

Wie will man endlich bei röntgographischer Beobachtung entscheiden, ob es sich bei einem Knochencentrum um wirkliche Ossification oder lediglich um Knorpelverkalkung handelt? — Dies wie alle feineren Verhältnisse können mit den bereits vorhandenen anatomischen Untersuchungsmitteln, Messer und Mikroskop, in viel sicherer und zuverlässigerer Weise erreicht werden, ein Resultat, zu welchem auch die von Hahn (26a) im hiesigen anatomischen Institut über die Entwicklung der Unterschenkelknochen zu gleicher Zeit wie diese Arbeit begonnenen (und vor Jahresfrist publicirten) Untersuchungen geführt haben.

Solche Nachtheile dürfen uns jedoch nicht veranlassen, gleich auf die neuen Strahlen als Untersuchungsmittel kurzweg zu verzichten; bleibt uns ja doch noch der Wèg, uns durch ein combinirtes Verfahren die Vortheile beider Methoden zu eigen zu machen.

Wenn es für die vorliegenden Untersuchungen auch vor allem darauf ankam, über den Ossificationsvorgang, im Besonderen der Ossificationszeiten des Fusses, zuverlässiges Thatsachenmaterial beizubringen, so ergaben sich doch im Laufe der Arbeiten noch mancherlei Berührungspunkte mit Fragen mehr allgemeiner Art.

Während man bisher annahm, die kurzen Knochen ossificirten rein enchondral, sind in neuerer Zeit Angaben gemacht worden[1], dass auch „bei den kurzen Knochen der Hand und des Fusses eine schwache periostale Knochenbildung stattfände". Bei näherer Würdigung dieser Frage ergab sich einiges Erwähnenswerthe in der Ossification mehrerer Fusswurzelknochen.

[1] Deren Quelle ich leider nicht eruiren konnte. Ich fand die Thatsache nur kurz bei Pfitzner „Die kleine Zehe" p. 26 in einer Anmerkung erwähnt.

Was die Ossification der Röhrenknochen des Fusses anbelangt, so habe ich auch hier Abweichungen von dem bisher geltenden Typus gefunden.

Eine weitere Frage war, ob sich vielleicht auch in den Ossificationspunkten der einzelnen Fussknochen allgemein morphologische Beziehungen mit der primitiven Skeletanlage des Fusses auffinden liessen, in wiefern diese mit den Resultaten der vergleichenden Anatomie übereinstimmen, ob also den Ossificationscentren bei ontogenetischen Studien über das Skelet ein Werth beizumessen ist. Da die Art der Verknöcherung gerade in Bezug auf diese Studien bisher noch recht wenig beachtet worden ist, glaubte ich dieselbe bei einmal gegebener Gelegenheit doch nicht ganz unberücksichtigt lassen zu dürfen, schon um nur über den Werth solcher Verhältnisse etwas in Erfahrung zu bringen.

Die accessorischen Knochen, wie sie Pfitzner (45) am Tarsus in grosser Zahl nachgewiesen, wurden nicht ausser Acht gelassen, jedoch ohne wesentliche Ergebnisse, und ich führe das hauptsächlich darauf zurück, dass trotz der ziemlich grossen Anzahl von untersuchten Objecten das Material für solche Untersuchungen immerhin noch viel zu klein ist. Denn bedenkt man, dass der obige Autor seine Resultate erst nach Präparation von Hunderten von Fussskeletten aufstellen konnte, die alle in ein und demselben Zustand, dem erwachsenen, angestellt waren, so müsste für die grosse Zahl von Altersstufen, die hier zur Untersuchung kämen, eine nach Tausenden zählende Menge erfordert werden[1].

Auch der 2000jährigen Streitfrage der Anatomen, ob das Grundglied des Hallux (Pollex) als Metatarsus oder als Phalange anzusehen ist, wurde in der vorliegenden Arbeit vom Standpunkt der Ossification Beachtung geschenkt. Die erhaltenen Resultate, die weiter unten des

[1] Da mein Hauptaugenmerk auf die Ossification gerichtet war, habe ich anfänglich keine genaue Präparation der knorpligen Skelettheile vorgenommen; was indessen an accessorischen Ossificationspunkten irgendwie beobachtet wurde, habe ich jedesmal genau notirt. Ich hoffe jedoch, in Bezug auf accessorische Knorpelelemente an einem unterdessen gesammelten Leichenmaterial noch manches nachtragen zu können.

Dabei werden auch die Sesambeine des Fusses die ihnen gebührende Beachtung erfahren. In der vorliegenden Untersuchungsreihe zog ich sie gar nicht in den Kreis der Betrachtungen; denn meistens wurden die Sesambeine auf den Photographien von den darüberliegenden Knochen verdeckt, und da ein Haupttheil der Röntgogramme von lebenden Kindern stammte, war eine Controle durch Präparation ausgeschlossen.

Mangel an Leichen des einschlägigen Alters war endlich auch der Grund, warum ich von einer Behandlung der Verschmelzungszeiten der Epiphysen absah. Denn nach Untersuchung von 36 lebenden Individuen aus dem Alter zwischen 16 und 22 Jahren sah ich ein, dass zur richtigen Beurtheilung der ziemlich schwer zu deutenden Röntgenbilder zu allererst wieder ein grösseres Material von Leichen nöthig wäre, das mir nicht zu Gebote stand.

Genaueren ausgeführt werden sollen, lassen mir die alte aristotelische Annahme von der Metatarsennatur dieses Skelettheils als die richtigere erscheinen.

Von dem gleichen Gesichtspunkte aus musste ich auch den an der kleinen Zehe sich vollziehenden Umwandlungsprocessen, auf deren phylogenetische Bedeutung Pfitzner (43, 44) in zwei eingehenden Arbeiten hingewiesen hat, Beachtung schenken.

Bei diesen Betrachtungen spielten besonders die Vorgänge an den Epiphysen eine Rolle. Da erheben sich nun freilich Fragen überaus schwieriger Art. Die Fragen, welche Bedeutung die Epiphysenkerne überhaupt haben, ferner, warum diese bei den Röhrenknochen der Hand und des Fusses nur an einem Ende angelegt werden, warum das bei den Metatarsi am distalen, bei den Phalangen am proximalen Ende geschieht; warum solches am Metatarsus Hallucis in gerade umgekehrter Weise stattfindet, alles das sind Probleme, die eine eigens darauf hinzielende Arbeit verlohnten, ein Thema, das weit über den Rahmen dieser Untersuchungsreihe hinausführen würde. Da sich aber mehrfach Dinge ergaben, die in einiger Beziehung zu diesen Fragen stehen, so ist es vielleicht nicht überflüssig, sie nebenbei in den Kreis der Betrachtungen zu ziehen.

II. Untersuchungsverfahren.

Das gesammelte Material beläuft sich auf 301 Füsse von 284 Individuen der Lebensperioden vor und nach der Geburt[1], wovon 208 auf Leichen entfallen[2]. Letztere wurden ausser der röntgographischen auch noch der präparatorischen Untersuchung unterzogen, und zwar entweder mikroskopisch oder mit der Oskar Schultze'schen Kali-Glycerin-Methode, die grösseren Objecte endlich auf dem Wege der makroskopischen Präparation. Bei der röntgographischen Aufnahme betrug der Abstand des Focus von der Platte 25—30 cm, die Expositionsdauer zwischen 10 Secunden bis 1 Minute für Föten und stieg bis zu 3 Minuten für Kinder und Personen des jugendlichen Lebensalters bis zum ausgewachsenen Zustand, natürlich unter individueller Abstufung für die einzelnen Lebensalter bezw. Grössenverhältnisse. Der Inductor arbeitete mit 4 Ampère Stromstärke und hatte eine Funkenlänge von 30 cm.

Die bei der Projection mit den divergenten Strahlen in Betracht kommenden Vergrösserungsverhältnisse wurden bereits in der 1900 erschienenen Arbeit von Lambertz (37) besprochen. Ihre Berechnung geht

[1] 36 Individuen, welche dem vermuthlichen Alter der Epiphysenverschmelzung angehören, wurden aus dem (p. 442 Anm.) erwähnten Grunde aus den Untersuchungen ausgeschaltet, und sind in der obigen Zahl nicht mit inbegriffen.

[2] Darunter befinden sich natürlich Objecte, die Altersstufen angehören, welche sich für die vorliegenden Untersuchungen als belanglos erwiesen. Aus diesem Grunde wurden jene auch nicht in den Specialtabellen dieser Arbeit aufgeführt.

von dem Satze aus: Die Grösse des Bildes verhält sich zu der des Objects wie die Entfernung des Focus von der Platte zu dessen Entfernung vom Object. Da es sich nun bei den zu untersuchenden Füsschen um sehr complicirte Lagerungsverhältnisse der einzelnen Skeletstücke, besonders der Fusswurzelknochen handelt, deren Entfernung vom Focus exact sich nicht ermitteln lässt, habe ich nur eine annäherungsweise Berechnung der wahren Grösse anstellen können. Es gestaltete sich hiernach das Verhältniss von Object zu Bild für die kleinen Füsschen des Fötallebens durchschnittlich wie 16 : 17. Wenn wir also z. B. im 9. Monat des fötalen Lebens für die Länge des ganzen Fusses eine Durchschnittsgrösse des Bildes von 75,6 mm feststellen, so würde seine wirkliche Länge nach dieser Berechnung sich auf $75{,}6 \cdot \frac{16}{17} = 71{,}1$ mm belaufen. Wenn man nun diese Grösse durch directe Messung des Objectes auf ihre Richtigkeit prüft, so ergiebt sich eine sehr geringe, zu vernachlässigende Differenz. Sie betrug im angeführten Falle nur 0,8 mm für den ganzen Fuss, muss also bei den für meine Untersuchung in Betracht kommenden Knochenkernen eine zu vernachlässigende sein.

Ich habe daher für die Knochenkerne der fötalen Füsse Messungen nach Röntgenbildern mit Hilfe der angegebenen Reductionsformel ausführen können.

Für die grösseren Füsse des postfötalen Lebens hingegen werden die Differenzen zwischen Bildgrösse und wirklicher Grösse infolge der Dicke des Objectes so bedeutend und so schwer zu berechnen, dass ich von da ab die Grösse ausschliesslich durch directe Messung festzustellen vorzog.

Die Altersbestimmungen von Föten habe ich (nach v. Winckel 64) unter Berücksichtigung von Scheitel-Sohlenlänge, Kopfumfang, Gewicht vorgenommen und zugleich die Daten C. Hecker's (28) damit verglichen.

In den ersten postfötalen Monaten, wo die Schwankungen an Grösse etc. je nach der Dauer der vorangegangenen Schwangerschaft ungemein gross ist, konnten lediglich Grössen und Gewichtsverhältnisse, nicht die Altersangaben für die Kinder, von Werth sein; ich habe die Grössen also stets nach Möglichkeit eingetragen; Gewichte anzuführen blieb mir freilich häufig dadurch versagt, dass ein grosser Theil unseres Kinderleichenmaterials erst in secirtem Zustand in die anatomische Anstalt gelangt.

Zur Erläuterung der beigegebenen Tabellen[1] habe ich noch folgendes zu bemerken:

[1] Auf ein Moment, welches, eigentlich selbstverständlich, doch bei ungenügender Beachtung leicht zu Irrthümern führen kann, muss ich hier zum richtigen Verständniss meiner Altersangaben noch eigens hinweisen, nämlich auf den Umstand, dass z. B. ein Kind, welches 3 Jahre alt ist, in seinem 4. Lebensjahre steht, dass also stets die Art der Altersangabe berücksichtigt werden muss.

Grössenverhältnisse des Fötus in den einzelnen Schwangerschaftsmonaten nach v. Winckel:

2. Monat	0,9— 2,5	cm	Scheitel-Steisslänge
3. „	7 — 9	„	Scheitel-Sohlenlänge
4. „	12 —17	„	„
5. „	20 —26	„	„
6. „	27 —34	„	„
7. „	35 —38	„	„
8. „	39,5—43,5	„	„
9. „	44 —48	„	„
10. „	48 —56	„	„

Gewichte:

2. Monat	—	
3. „	— 20	g
4. „	30— 100	„
5. „	139— 350	„
6. „	400— 800	„
7. „	—1170	„
8. „	1220—1620	„
9. „	2100—2700	„
10. „	2800—7500	„

Kopfumfang:

4. Monat	10—14	cm
5. „	13—18	„
6. „	19—24	„
7. „	23—28	„
8. „	25—30	„
9. „	29—33	„
10. „	32—37	„

Durchschnittsgrössen im Kindesalter:

	nach Quételet: männlich	nach Quételet: weiblich	nach Zeising:
Neugeborenes	50,0	49,4	48
1 Jahr	69,8	69,0	75
2 Jahre	79,1	78,1	86,3
3 „	86,4	85,4	95,0
4 „	92,7	91,5	102,5
5 „	98,7	97,4	108,4
6 „	104,6	103,1	115,0
7 „	110,4	108,7	121,4
8 „	116,2	114,2	125,4
9 „	121,8	119,6	126,0
10 „	127,3	124,9	130,5
11 „	132,5	130,1	132,3
12 „	137,5	135,2	136,0
13 „	142,3	140,0	143,7
14 „	146,9	144,6	148,6
15 „	151,3	148,8	154,0
16 „	155,4	152,1	161,5
17 „	159,4	141,6	164,0
18 „	163,0	156,3	167,2
19 „	165,5	157,0	169,0
20 „	167,0	157,4	171,5

Wachsthum der Fusslänge nach Zeising:

Neugeborener	. . . . .	8,1 cm,	wächst vom
0.— 3. Jahre	um . . .	5 „	
3.— 6. „	„ . . .	3 „	
6.— 9. „	„ . . .	1,5 „	
9.—12. „	„ . . .	2,5 „	
12.—15. „	„ . . .	4 „	

Längen in den ersten Monaten (Russow):

15 Tage	. . . 50 cm	7 Monate	. . . 66 cm
1 Monat	. . . 54 „	8 „	. . . 67,5 „
2 Monate	. . 58 „	9 „	. . . 68 „
3 „	. . 60 „	10 „	. . . 69 „
4 „	. . 62 „	11 „	. . . 70,5 „
5 „	. . 64 „	12 „	. . . 72,0 „
6 „	. . 65 „		

III. Specieller Theil.

A. Knochen des Tarsus.

1a. Calcaneus.

Literatur.

Von Kerckring (33) bis zu der vor Kurzem erschienenen Arbeit von Lambertz (37) wird für den Körper und meist auch für die Apophyse des Calcaneus je ein Knochenkern als Ossificationscentren angegeben.

Die Angaben der einzelnen Autoren über die Zeit des Auftretens variiren untereinander heute wie ehedem ungemein.

Ueber den Knochenkern im Körper des Calcaneus existiren folgende Daten:

Kerckring (33), Cruveilhier (15), Gegenbaur (22), Kölliker (34), Kollmann (35), Rauber (49), Schultze (53), Hertwig (30), Lambertz (37) (eine Untersuchung mit Röntgenstrahlen) verlegen das Auftreten eines Knochenkerns im Körper des Calcaneus in den 6. Fötalmonat, Nesbitt (23), Thorens (58) in den 4. Fötalmonat, Béclard (8), Rambaud und Renault (47), Campana, Debierre (16), letzterer nach Beobachtungen an 6 Föten zwischen 19 und 38 cm, in das Alter von 4½ Monaten; Schomburg (52a), nach Untersuchungen an 8 Föten des 6. und 7. Monats, in das Alter von 5—6 Monaten; Quain (45a), Holden, Bade (3) (Röntgenuntersuchung), ferner Langer-Toldt (38) in den 7. Monat, Nikolai (41) endlich in den 8. Monat, während ihn Schwegel (54), der Vielcitirte, gar erst „zwischen 7. Monat und 1. Jahr", also theilweise erst im postfötalen Leben, erscheinen lässt.

Ehe ich diesen Daten aus der Literatur eigene Beobachtungen gegenüberstelle, möchte ich einen Umstand vorausschicken, der zur Erklärung dieser Differenzen dienen mag. Der Calcaneuskörper wird, wie ich gefunden habe, zwar nicht constant, aber doch in der Mehrzahl der Fälle, nicht von einem, sondern von zwei Knochencentren aus ossificirt, von denen der zuerst auftretende seiner Lage und Kleinheit nach, wie später ausgeführt werden wird, leicht einer Untersuchung entgehen kann, also vielleicht nur von einem Theil der Bearbeiter beobachtet wurde, während den Uebrigen erst das später auftretende zweite, oder das Verschmelzungsproduct beider, auffiel. Ueber dieses Verhalten konnte ich in der Literatur nur sehr spärliche Angaben entdecken. Nesbitt (23) bildet einen Calcaneus aus einem fötalen Skelet in seiner Arbeit über die Verknöcherung

ab, dessen Knochenkern bis an die fibulare Seite reicht, eine ganz richtige Beobachtung, die der Verfasser aber weiter keiner Beachtung unterzieht, die aber, wie aus folgendem ersichtlich, auf diese Verhältnisse am Calcaneus bezogen werden kann. Rambaud und Renault (47) geben an, dass das Ossificationscentrum nach aussen hin „frei" sei und dann erst gegen die Mitte vorrücke.

Lambertz (37) (Untersuchung mit Röntgenstrahlen) giebt ein Bild (Taf. VI Fig. 1 und 4) mit zwei Kernen im Calcaneus mit der Bemerkung:

„Verkalkungsherde erscheinen zunächst als unregelmässige Flecken und Streifen," welche er an einer anderen Stelle bezeichnet als: „der erste Verkalkungsherd im Calcaneus, in einer für dieses Stadium charakteristischen unregelmässigen Form."

Diese röntgographischen Beobachtungen entbehren offenbar der anatomischen Nachcontrole, denn mikroskopische Untersuchungen hätten gelehrt, dass es sich hier nicht bloss um unregelmässige Knorpelverkalkung, sondern um echte Ossification, und zwar von einem periostalen sowohl wie von einem enchondralen Kern aus, handelt.

Endlich muss ich hier noch einer Publication Erwähnung thun, die mir gerade bei der letzten Ausarbeitung dieser Studie zugänglich wurde. Es ist eine Untersuchung von H. Schomburg, die das Vorhandensein zweier Knochencentren in richtiger Beobachtung unter ihren Resultaten erwähnt und auch in der Deutung dieses Verhaltens mit meinen Ausführungen so ziemlich übereinstimmt.

Ich muss dabei jedoch darauf aufmerksam machen, dass bereits im Jahre 1889 in den Sitzungsberichten der 71. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte, sowie 1900 in den Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften zu München dieses sowie andere Resultate meiner Untersuchungen in Form von vorläufigen Mittheilungen durch Herrn Prof. Dr. Rückert publicirt worden sind.

Eigene Beobachtungen.

Was nun die Einzelheiten bei der Calcaneusentwicklung anlangt, so tritt, nicht constant, aber doch in etwas mehr als der Hälfte der Fälle und zwar bei $4^1/_2$—5monatlichen Föten mit einer Körperlänge von 14,5—27 cm eine dünne rein periostale Knochenscheibe, ca. 1 mm im Durchmesser zeigend, auf, die der hinteren Hälfte eines kleinen Höckerchens an der lateralen Fläche des knorpligen Calcaneus aufsitzt. Dieser Höcker entspricht offenbar der Anlage des späteren Processus trochlearis des Knochens (Taf. XIII Fig. 1).

Ein solches Verhalten fand sich unter 7 Föten des 4. Monats 3 Mal vor, zuerst an einem 14,5 cm langen und 68 g schweren Fötus, ferner unter 9 Föten aus dem 5. Monat 6 Mal, unter 8 Föten des 6. Monats 4 Mal, wovon in einem Falle an einem 30 cm langen, 493 g schweren Fötus bereits eine Verschmelzung mit dem später auftretenden enchondralen Kern eingetreten war. Ausserdem fand sich in zwei Fällen, einmal im 5., einmal im 6. Monat, an der fraglichen Stelle grossblasiger und Säulenknorpel, also Einleitungsvorgänge von Ossification. Daraus, dass wir unter 7 weiteren Fällen des 7. Monats ebenfalls nicht stets, sondern nur 4 Mal den fraglichen Knochenkern antreffen, darf nicht etwa auf eine grosse Schwankungsbreite in der Zeit seines Auftretens geschlossen werden, nach meinem Dafürhalten spricht das vielmehr für die

Tabelle I. Calcaneus.

No.	Altersbestimmung der Föten: Grösse der Föten in cm	Gewicht in g	Alter in Monaten	Länge der Füsse	Knochenkerne: Auftreten des periostalen Kerns	Auftreten des enchondralen Kerns	Grösse in mm des periostalen Kerns	Grösse in mm des enchondralen Kerns	Verschmelzung der beiden: verschmolzen	nicht verschmolzen	Untersuchungsmethode. Sämmtliche Objecte wurden mit Röntgenstrahlen durchleuchtet. Ausserdem wurden die Objecte nachgeprüft mit:	Bemerkungen
27	12,5	35	4 Anfang	13	—	—	—	—	—	—	Mikroskop	
5	14,5	45	4 Mitte	14	—	—	—	—	—	—	—	
7	14,5	75	4 „	16	—	—	—	—	—	—	makroskop. Präparation	
12	14,5	68	4 „	15	—	—	—	—	—	—	Kaliglycerin	
28	14,5	68	4 „	14	|	—	1	—	—	—	„	
14	16,5	100	4 Ende	22	|	—	—	—	—	—	„	
26	17	99	4 „	17	|	—	—	—	—	—	„	
25	18	114	5 Anfang	16	—	—	—	—	—	—	„	
19	20,5	206	5 „	22	|	—	1,5	—	—	—	„	
9	21	145	5 „	27	—	—	—	—	—	—	Mikroskop	Grossblasiger Knorpel
22	21	202	5 Mitte	27	|	—	—	—	—	—	Kaliglycerin	
10	22	207	5 „	26	|	—	1,5	—	—	—	Mikroskop	
21	25,5	357	5 Ende	25	|	—	—	—	—	—	Kaliglycerin	
16	26	333	5 „	29	|	—	—	—	—	—	„	
15	26	340	5 „	27	|	—	—	—	—	—	makroskop. Präparation	
13	27	405	5 „	28,5	—	—	—	—	—	—	—	
11	28	385	6 Anfang	32,5	—	—	—	—	—	—	Mikroskop	(„ und) Säulenknorpel
18	30	507	6 Mitte	36	—	—	—	—	—	—	—	
66	30	400	6 „	41	|	—	2	—	—	—	makroskop. Präparation	
146 a	30	493	6 „	39,5	|	|	—	—	|	—	„	
b					|	|	—	—	—	|	„	

65	33	500	6	Mitte	45		—	2,5	—	—	—	makroskop. Präparation		
162	33	500	6	„	42	—	—	—	—	—	—	Kaliglycerin		
163	33	460	6	„	44	—	—	—	—	—	—	„		
94	34	730	6	Ende	45			2,5	3,5	—		makroskop. Präparation		
145	34,5	974	7	Anfang	52,5			Durch-			—	Kaliglycerin		
67	34,5	709	7	„	49,8			schnitts-			—	makroskop. Präparation		
126	—	—	7	„	68			grösse			—	—		
64	37	800	7	Mitte	48	—		des nunmehr		—	—	—		
95	38	750	7	Ende	52	—		einheit-		—	—	—		
86	38,5	—	7	„	54			lichen Kerns			—	makroskop. Präparation		
151 a	38,7	1051	7	„	54	—		4,8.		—	—	Kaliglycerin		
b					52	—				—	—	„		
68	39	1097	8	Anfang	58	—					—	—		
91	40	1125	8	„	58						—	makroskop. Präparation		
149	40,5	1470	8	„	58						—	„	„	
160 a	40,5	1350	8	„	53					—		„	„	Beide Füsse verschieden
b					55						—	„	„	
161 a	41	1000	8	Mitte	56						—	„	„	
b					55			Durch-			—	„	„	
150 a	41,5	1110	8	„	58	—		schnitts-		—	—	„	„	
b					58	—		grösse		—	—	„	„	
156 a	42	1300	8	„	59			des			—	Kaliglycerin		
b					59			nunmehr			—	„		
58	43	1300	8	Ende	59			einheit-			—	makroskop. Präparation		
61	43	1500	8	„	69			lichen			—	„	„	
170 a	44	1545	8	„	66	—		Kerns 6,9.		—	—	Kaliglycerin		
b					66	—				—	—	„		
178 a	39	1301	8	„	61						—	makroskop. Präparation		
b					61,5						—	„	„	
177 a	42	1350	8	„	69						—	„	„	
b					69,5						—	„	„	

Inconstanz dieses Knochenkerns überhaupt. Sehen wir denselben doch selbst im 8. Fötalmonat zuweilen fehlen (Tabelle I).

Nach Erscheinen dieses Ossificationspunktes tritt unabhängig von ihm im 6. Monat ein zweiter enchondraler Knochenkern auf. Der jüngste Fötus, der dieses Ossificationscentrum zeigte, war 30 cm lang, 493 g schwer. Während er im 6. Monat unter 8 Fällen nur 2 Mal vorhanden war, fand er sich vom 7. Monat an mit absoluter Constanz in 47 Fällen bis zum Ende der Schwangerschaft.

So können wir also eine Zeitlang zwei selbständige Kerne beobachten, die dann vom Ende des 6. Monats an verschmelzen (Fig. 2, 3, 4).

Fig 2. Ende des 6. Fötalmonats. *a* periostaler, *b* centraler Knochenkern des Calcaneus. 1/1 Grösse.

Fig. 3. 6. Fötalmonat, beide Kerne verschmolzen. Bezeichnung wie bei Fig. 2. 1/1 Grösse.

Fig. 4. 8 Monat. Bezeichnung wie bei Fig. 2. Auf 2/3 verkleinert.

Noch lange nach der Verschmelzung können wir die Spuren dieser Anlage erkennen, indem der Knochenkern im Calcaneus auf der fibularen Seite eine kräftige periosteale Schale aufweist, die auch am Neugeborenen und in den ersten Lebensmonaten noch sehr in die Augen springt, während der centrale Theil desselben sich gleichmässig nach allen Seiten hin ausbreitet (Fig. 5).

Das röntgographische Verfahren war bei der Untersuchung des zarten periostalen Knochenkerns entschieden nicht ausreichend, denn in allen Fällen von isolirten periostalen Kernen hat sich derselbe ein einziges Mal sicher erkennbar auf der photographischen Platte abgehoben, während in allen übrigen Fällen erst durch die anatomische Controle, und zwar vor allem die sehr hübsche Kaliglycerinmethode von Schultze, sich das Vorhandensein einer Periostknochenschale ergab. Ich möchte

dies nur als ein Beispiel erwähnen, welches die Grenze der Zuverlässigkeit der diagraphischen Methode zu illustriren geeignet ist.

Die bisher geschilderten Entwicklungsvorgänge sind des Genaueren in Tabelle I wiedergegeben.

Der periostale Knochenkern des Calcaneus persistirt zuweilen länger als gewöhnlich. Ich habe ihn einige Male in den ersten Monaten nach der Geburt als selbständiges Knochenstück vorgefunden. Vielleicht entspricht der von Pfitzner (45) als Varietät beschriebene Calcaneus accessorius (= selbständiger Processus trochlearis) dem von mir gefundenen periostalen Knochenkern, dessen Verschmelzung dann ausnahmsweise ganz unterblieben wäre — der Lage und Ausdehnung nach stimmen beide Gebilde gut zusammen.

Da der central gelegene Kern rasch nach allen Seiten wächst, stösst er alsbald an das Perichondrium des zu ossificirenden Skeletstücks an und bildet hier Periostknochen; ausser der bereits erwähnten Verschmelzung mit der lateral gelegenen Platte periostaler Abkunft werden wir, da ja das zu ossificirende Skeletstück ziemlich klein ist, alsbald mehrere Periostknochenstellen an der Oberfläche des bisher knorpligen Calcaneus wahrnehmen.

Man findet am Ende des 8. und im 9. und 10. Fötalmonat eine solche Periostknocheninsel oben gegen den Sinus tarsi zu und eine zweite unten und medialwärts. Der Calcaneus theilt mit dem Talus diese rasche Periostossification, im Gegensatz zu allen übrigen Fusswurzelknochen, die erst nach jahrelangem Wachsthum ihren Periostknochenüberzug bilden.

Fig. 5. 9 Monate nach der Geburt. *b* periostale Knochenrinde auf der lateralen Calcaneusfläche, aus *b* der Fig. 2, 3 u. 4 hervorgegangen. Auf $^3/_2$ verkleinert.

Diese erwähnten Periostknochenstellen confluiren alsbald miteinander, so dass für die ersten Monate post partum ein den Röhrenknochen ungemein ähnliches Gebilde resultirt, nämlich ein diaphysenartiger Theil mit periostaler Schale, der sogar nicht selten eine Art Markhöhle besitzt und an seinem distalen und proximalen Ende epiphysenartige Knorpelabschnitte trägt. Ausser diesen Endstücken ist nur die Anlage des Sustentaculum tali noch knorpelig.

Eine Markhöhle im Calcaneus beschreibt Retterer (51) beim Hasen und Hund und bezeichnet das Skeletstück daraufhin als röhrenknochenartig.

Nach ihm sollen auch für den erwachsenen Menschen Angaben über das Vorkommen einer Markröhre im Calcaneus vorliegen, Befunde, die er jedoch als Alterserscheinungen deutet.

Auch bei niedrigeren Thieren, so z. B. bei Anuren, finden wir übrigens das Tibiale und Fibulare als Knochen von cylindrischer Form.

In der oben beschriebenen Configuration erhält sich nun der Calcaneus lange Zeit, so dass wir erst wieder zur Zeit des Auftretens einer Ossification im Tuber calcanei neue Erscheinungen finden, nachdem bis dahin nur ein stetes Wachsthum nach allen Dimensionen stattfand.

Im Sustentaculum tali konnte kein selbständiges Knochencentrum nachgewiesen werden.

1 b. Apophyse des Calcaneus.

Literatur.

Albinus (1) erwähnt lediglich, dass sich die Apophyse des Calcaneus lange knorplig erhält, und lässt sie vom Körper des Calcaneus aus verknöchern.

Von den übrigen Autoren geben als Zeit des Auftretens einer Ossification im Tuber calcanei an:

Sappey (52) das 6.—8. Jahr, Gegenbaur (22), Kollmann (35), Schwegel (54), Kölliker (34), Schultze (53) das 6.—10. Jahr, Meckel (39), Cruveilhier (15) das 8.—10., Béclard (8), Hildebrandt (31), Rauber (49), Rambaud und Renault (47), Quain (45 a), Holden, Thorens (58) das 10. Jahr.

Die Verschmelzung der Apophyse mit dem Körper tritt ein:

Nach Béclard (8) mit 15—16 Jahren, nach Thorens (58) im 22. Jahre.

Bade (3) giebt an, schon an Achtjährigen Verschmelzung zwischen Calcaneuskörper und Apophysen gefunden zu haben, während er andererseits noch mit 14—18 Jahren isolirtes Bestehen eines Knochenkerns beobachtet hat.

Eigene Beobachtungen.

Da ich bei meinen Diagrammen für die Mehrzahl der Füsse eine Aufnahme vom Dorsum pedis aus, ihrer Uebersichtlichkeit halber, einer seitlichen vorgezogen habe, ist bei diesen meist das Tuber calcanei von dem Unterschenkel verdeckt und daher das Material gerade für diesen Punkt meiner Arbeit ein unzureichendes. Das jüngste in dieser Hinsicht beobachtete Individuum ist 8 Jahre 6 Monate alt und zeigt mehrere kleine Knochengranula in der knorpeligen Apophyse. Alle älteren Kinder, die ich auf eine Knochenapophyse untersuchen konnte, zeigten dieselbe bereits angelegt.

2 a. Talus.

Literatur.

Der Talus soll nach Nesbitt (23) und Cruveilhier (15) mit 5—6 Monaten, nach Béclard (8) mit 5½, nach Rambaud und Renault (47), Debierre (16), Thorens (57), Kollmann (35), Gegenbaur (22), Lambertz (37) (Röntgenstrahlenuntersuchung) mit 6 Monaten ossificiren, nach letzterem manchmal von zwei Punkten aus.

Meckel (39), Quain (45 a), Kölliker (34), Holden, Rauber (49), Toldt (59, 38), Hertwig (30). Schultze (53) geben als Zeit der Verknöcherung den 7., Kerckring (33) und Bade (3) (Röntgenstrahlenuntersuchung) den 8. Monat an, Sappey (52) die Zeit der Geburt.

Schwegel (54) will ihn, wie den Calcaneus, zwischen 7. Monat und 1. Jahr verknöchern gesehen haben. Albinus (1) und Boehmer (13) geben nur allgemein an, dass dies vor der Geburt beginnt.

Eigene Untersuchungen.

Nach meinen Beobachtungen fanden sich die ersten Anfänge einer Ossification im frühesten Fall, im 6. Fötalmonat. Der kleinste in dieser Richtung beobachtete Fötus war 30 cm lang, 493 g schwer, der Durchmesser des Kerns betrug 0,8 mm.

Im 7. Monat waren unter 11 daraufhin untersuchten Föten (13 Füsse), 5 Föten (6 Füsse) mit Ossificationspunkten, im 8. Monat waren ausnahmslos (19 Fälle 27 Füsschen) Knochenkerne vorhanden.

2 Mal unter 30 Föten, die den Ossificationsbeginn zeigten, fand ich das Knochencentrum des Talus aus 2 Theilen bestehend, die vollkommen von einander isolirt, doch nahe bei einander waren.

1 Mal (No. 170) lagen sie übereinander, der obere 1 mm, der untere 2 mm gross, 1 Mal (No. 217 der Tabelle II) voreinander.

Ausser diesen beiden Fällen beobachtete ich zwei weitere mit ähnlichem Verhalten (No. 95 und 151), auf die ich jedoch Mangels genauerer Controle nicht näher eingehe. Ferner besassen drei weitere Föten (No. 93, 68, 146) einen Knochenkern von unregelmässiger Form im Talus. Während derselbe bei den übrigen Föten eine rundliche Gestalt hatte, besass er in diesen drei Fällen einen Zapfen nach dem Hals des Talus zu. Ich erwähne dies Verhalten deshalb, weil dasselbe möglicherweise aus einer Verschmelzung ursprünglich getrennter Kerne entstanden sein kann.

Im Anfange meiner Untersuchungen war ich geneigt, auch in dem eben geschilderten Auftreten zweier Knochenpunkte den Ausdruck getrennter Ossificationscentren zu erblicken.

Jedoch Untersuchungen mikroskopischer Art am Cuboideum, wo dasselbe in ähnlicher und sehr deutlicher Weise stattfindet, haben mich, zumal in Bezug auf die morphologische Deutung, zur grössten Vorsicht gemahnt.

Es zeigt sich nämlich, wie beim Capitel „Cuboideum“ eingehender ausgeführt werden soll, dass bei diesen beiden Skelettheilen ein grösserer Hof von verändertem Knorpel, d. h. grossblasigem und Säulenknorpel, also ein einheitliches Ossificationscentrum auftritt, innerhalb dessen dann erst die getrennten Knochenpunkte erscheinen. Diese bestehen nun allerdings aus echtem Knochen und nicht etwa aus Kalkincrustationen, aber da sie auf Grund eines gemeinsamen Blasen- und Säulen-Knorpelcentrums entstehen, darf man ihnen nur eine geringe Selbständigkeit zuerkennen, ganz im Gegensatz zu den Ossificationspunkten des Calcaneuskörpers, die völlig unabhängig von einander, der eine als periostaler, der andere als endochondraler Knochen erscheinen.

Tabelle II.

Talus zwischen dem Anfang des 6. bis zum Ende des 8. Fötalmonats.

Fortlaufende No.	Altersbestimmung der Föten: Grösse der Föten in cm	Gewicht in g	Kopfumfang in cm	Alter in Monaten	Länge d. Füsse in mm	Knochenkerne	Grösse der Kerne	Bemerkungen, Untersuchungsmethode
11	28	358	17,5	6 Mt. Anf.	32,5	—	—	Vascularisation.
18	30	507	20,5	„ „ Mitte	36	—	—	
46	30	493	19,8	„ „ „	39,5	|	0,8 mm	
165	33	500	23	„ „ „	42,5	—	—	
162 r.	33	500	20,5	„ „ „	42	—	—	
l.					44	—	—	
163 r.	33	460	19,6	„ „ „	44	—	—	
l.					44	—	—	
94	34	730	23	„ „ Ende	45	—	—	
66	30	400	20	„ „ „	47	—	—	
145	34,5	974	?	7 Mt. Anf.	52,5	|	—	Der Kern geht zapfenförmig nach vorne.
67	34,5	709	22,5	„ „ „	49,8	—	—	
126	—	—	?	„ „ „	68	|	1,0 mm	
206	35	760	25	„ „ „	55	—	—	Knorpelveränderung.
208 r.	35	755	24	„ „ „	56	—	—	
l.					54	—	—	
205	36	770	25	„ „ „	55	—	—	
224	37	850	23	„ „ „	56	|	nicht messbar	
64	37	800	24,5	„ „ Mitte	48	—	—	
95	38	750	25	„ „ Ende	52	|	—	Kern besteht vielleicht aus 2 Theil.
86	38,5	—	25	„ „ „	54	—	—	Knorpelveränderung.
151 r.	38,7	1051	26,5	„ „ „	54		7 mm	Kern geht zapfenförmig nach oben.
l.					52	|	7 „	
68	39	1097	26,5	8 Mt. Anf.	58	|	—	Oben und unten innen bereits Periostknochen.
215	40	1125	27,5	„ „ „	68	|	stecknadelkopfgross	
217	40	1450	28,5	„ „ „	66	||	—	2 voreinander liegende Kerne, lateral verschmolzen.
149	40,5	1470	25	„ „ „	58	|	—	Oben und unten bereits periostal.
160 r.	40,5	1350	26,5	„ „ „	56	|	—	Gefässe nach rückw. geg. d. Proc. post. zu.
l.					55	|	—	
161 r.	41	1000	24,5	„ „ Mitte	56	|	—	„ „ „ „ „ „ „ „
l.					55	|	—	
218	41	1300	26	„ „ „	70	|	—	„ „ „ „ „ „ „ „
211 r.	41	2020	30,5	„ „ „	70	|	—	Unregelmässige Form des Kerns.
l.						|	—	
150 r.	41,5	1110	25,5	„ „ „	58	|	—	Reicht oben ans Periost.
l.					58	|	—	Reicht oben und unten ans Periost.
228	41,5	1300	28	„ „ „	65	|	—	
216	41,5	1550	29,5	„ „ „	69	|	—	
156 r.	42	1300	28,5	„ „ „	59	|	—	Reicht oben ans Periost.
l.					59	|	—	
61	43	1500	29	„ „ Ende	69	|	—	„ „ „ „
226	43,5	4800	29	„ „ „	65	|	—	
170 r.	44	1545	29	„ „ „	66	||	1 mm, 2 mm	Ein oberer und ein unterer Kern.
l.					66	||	1 „ 2 „	„ „ „ „ „ „
178 r.	39	1300	26	„ „ „	61	|	—	
l.					61,5	|	—	
177 r.	42	1350	28	„ „ „	69	|	7 mm	Reicht oben und unten ans Periost.
l.					69,5	|	7 „	Reicht oben und unten und lateral ans Periost.
209			29	„ „ „	74	|	—	
93	41	1000	28	„ „ „	53	|	—	

Wenn also aus der Verknöcherungsweise des Calcaneuskörpers allenfalls Schlüsse morphologischer Art im Sinne zweier vereinigter Skeletstücke gezogen werden dürfen, so ist das beim Talus auf Grund dieses Verhaltens allein nicht angängig, sondern höchstens im Zusammenhalt mit anderen beweisenderen Momenten.

Ueber die Häufigkeit des Auftretens gesonderter Knochenpunkte im Talus lässt sich schwer ein Urtheil abgeben, weil in Folge der alsbald eintretenden Verschmelzung derselben, auch bei grösserem Material, nur verhältnissmässig wenig Stadien zur Beobachtung kommen können, die diese Trennung aufweisen.

Das weitere Wachsthum der Knochensubstanz im Talus hat mit dem des Calcaneus manches Aehnliche. Zuerst stösst ein Zapfen von Knochensubstanz oben am Talushals an's Periost, der nun dort eine periostale Verknöcherungszone etablirt (schon im 7. Monat, Ende, beobachtet. Fuss No. 151), ebenso geschieht dies nach unten gegen den Sinus tarsi zu. Nur ausnahmsweise fand ich im 2. Monat post partum den Taluskern noch vollständig central gelegen[1].

Allmählich breitet sich die periostale Stelle an der Unterfläche des Talus lateralwärts aus (6. Monat post. p., No. 143) und greift im Verlauf des 2. Jahres dorsalwärts über; auch medialwärts tritt der Taluskern unterhalb des Malleolus medialis an's Periost (3. Jahr, No. 172), so dass wir schliesslich am Talushalse einen ganzen Gürtel periostalen Knochens finden können.

Es bleiben also nur Processus posterior und Processus lateralis als knorpelige Theile, sowie an der Trochlea ein dickerer Knorpelüberzug (No. 31. 7 Jahre 4 Monate alt) ziemlich lange erhalten.

Mit 9—11 Jahren treffen wir nur mehr an den Gelenkflächen den etwa $1^1/_2$—2 mm dicken Gelenkknorpelüberzug.

2b. Trigonum tarsi.

Literatur.

Dieses schon vor fast 100 Jahren von Rosenmüller beschriebene Knöchelchen ist eigentlich erst seit dem Jahre 1883 allgemein bekannt geworden, als man es vom vergleichend-anatomischen Standpunkt aus zu betrachten begann.

Cloquet[2] (1844), Stieda (1854), Schwegel (1853), Gruber (1864), Luschka (1865) hatten bereits einzelne Fälle von isolirtem Vorkommen desselben beschrieben, wovon besonders Gruber's Beobachtung hier notirt zu werden verdient. Er findet

[1] In Albinus' Werk von den Knochen des menschlichen Fötus finden sich darüber schon ganz richtige Abbildungen!

[2] Die umfangreiche Literatur über die Knochenvarietäten des Fusses ist von Pfitzner (45) in erschöpfender Weise zusammengestellt. Die nicht minder zahlreichen Arbeiten über die Homologisirung der Extremitäten wurden, als von dem vorliegenden Thema zu weit abliegend, ebenfalls nicht in das Literaturverzeichniss aufgenommen, bezw. nur jene, die in directer Beziehung zur Ossification stehen.

nämlich an einem Talus des 11. Jahres in dem ganz knorplig gebliebenen Processus posterior (lateralis?) einen besonderen Ossificationskern.

Nachdem Shepherd 1883 ein isolirtes Vorkommen des Knochens als Fractur des Processus posterior beschrieben, wurde der Gegenstand von Turner (1883, 87), Albrecht (1885), Leboucq (1886), Bardeleben (1883—1885), Stieda (1889), Baur, Morestin (1894) theils vom entwicklungsgeschichtlichen, theils vom vergleichend-anatomischen Standpunkt aus behandelt. Bardeleben (56) hat seine isolirte Knorpelanlage in einem frühen Embryonalstadium nachgewiesen und eine Homologisirung des Skeletstückes versucht.

Pfitzner (45) findet ausser zwei anderen Varietäten am Talus das Os trigonum unter 1548 Füssen Erwachsener 101 Mal.

Eigene Beobachtungen.

Bei meinen Untersuchungen war mir vor allem von Werth, ein selbständiges Ossificationscentrum für diesen Knochen zu finden, was aber um so schwieriger war, als dazu in erster Linie Leichenuntersuchungen nöthig sind und gerade in dem einschlägigen Alter das Leichenmaterial ein ganz auffallend spärliches war.

So muss ich mich denn begnügen, das Wenige, das mir zugänglich war, wiederzugeben.

Von der Geburt bis zum vollendeten 8. Lebensjahre habe ich 58 Leichen daraufhin untersucht. Sie zeigten sämmtlich einen knorpeligen Processus posterior lat., der noch keinen Knochenkern enthielt. Das Knorpelstück war in keinem dieser Fälle abgetrennt. Der letztere Befund ergab sich auch bei den sämmtlichen fötalen Füssen, die ich (von der 9. Fötalwoche ab) untersucht habe, doch kann ich hierauf kein Gewicht legen, da ich die meisten Füsse nur makroskopisch geprüft habe. Immerhin scheint es hierdurch, dass der knorpelige Processus schon frühzeitig mit dem Talusknorpel verschmilzt.

Vom vollendeten 8. bis zum vollendeten 12. Lebensjahre waren nur 15 Kinder, darunter nur drei Leichen zur Untersuchung zugängig. Die Befunde an diesen letzteren sind: an einer 8 Jahre 6 Monate alten Kinderleiche war der Processus post. verknöchert. Vom Gelenkknorpel aus ragte nach oben eine Knorpellamelle in den Knochen hinauf, die so den Processus als ein pseudoapophysenartiges Gebilde vom übrigen Talus trennte.

An einer 10 Jahre alten Kinderleiche befand sich der Processus post. lat. in continuirlichem knöchernen Zusammenhang mit dem Talus.

An einer 11 Jahre alten Kinderleiche war der Processus post. noch knorpelig, besass aber einige vom Taluskörper her einwuchernde Knochenzapfen.

Die Röntgenaufnahmen der 12 übrigen Kinder waren für diese Frage leider wenig verwendbar, da sie meist bei dorsoplantarer Beleuchtung angefertigt wurden.

Indessen sah ich doch einmal bei einem neunjährigen Kind (Fig. 6)

sehr deutlich ein dem Os trigonum entsprechendes Knochencentrum in Form einer ca. 5 mm langen, 3 mm hohen Pseudoapophyse, die vom Talus aus nach rückwärts gewuchert war.

Es kann hier also nur der Vermuthung Raum gegeben werden, dass sich vom 8. Lebensjahre an häufig Spuren des Os trigonum, auch wenn seine knorpelige Anlage mit dem Talus verschmolzen ist, in der Ossificationsweise desselben finden lassen.

Vor dem 7. Jahre aber tritt das fragliche Knochencentrum offenbar nicht auf. Das einzige, was in dieser Zeitperiode von mir hierfür beobachtet wurde, war eine (auffallend) starke Vascularisation des Processus posterior, die schon bald nach der Geburt deutlich wird, sowie ein langsames unregelmässiges Vorwuchern der Knochensubstanz des Talus gegen den Processus posterior.

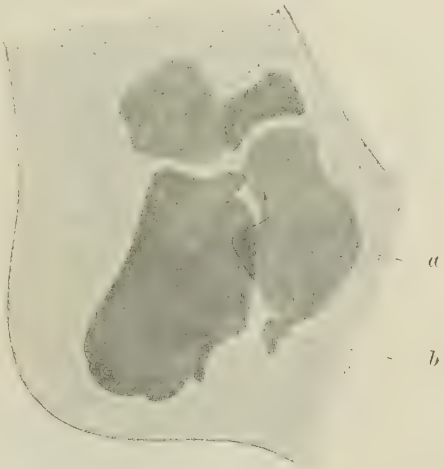


Fig. 6. 9 Jahre alt (Fuss No. 125). *a* Talus. *b* Os trigonum tarsi als Pseudoapophyse. (War nicht selbständig, da sonst eine Epiphysenlinie sichtbar sein müsste.) Auf 1/2 verkleinert.

3. Naviculare pedis.

Literatur.

Nikolai (41) findet das Naviculare zur Zeit der Geburt bereits mit einem Knochenkern, Schwegel (54), Kölliker (34), Schultze (53), Hertwig (30) zwischen der Geburt und dem ersten Jahre, Meckel (39) nach Ablauf des ersten Jahres.

Sappey (52) lässt es zwischen drei und vier Jahren, zuweilen auch zusammen mit Cuneiforme I mit 5 Jahren, verknöchern, ebenso wie Quain (45a) und Holden. Nach Gegenbaur (22) schliesst sich das Naviculare im 3. und 4. Jahre an die Verknöcherung der Cuneiformia an, „soll aber auch schon im 1. Jahre die Ossification beginnen.“ Auch Hertwig in seiner Entwicklungsgeschichte (1900) giebt noch an „im 1. Jahre“. In ähnlicher Weise geben auch Lambertz (37) und Kollmann (35) das 3. oder 4. Jahr als die fragliche Zeit an, mit dem Zusatz, dass die Ossification auch später, eventuell im 5. Jahre erst, geschehen kann. Ebenso lauten auch die Angaben Bade's (3). Er findet es bisweilen beim 2 1/2jährigen Kind mit einer punktförmigen Ossification, bisweilen beim 4jährigen noch ohne eine solche. Debierre (16) verlegt die Ossification des Naviculare in das 4. bis 5. Lebensjahr, weil er zu dieser Zeit stets den Knochenkern vorfand; aber er sah ihn auch schon an zwei 13—18-monatlichen und einmal unter 8 dreijährigen Kindern. Rambaud und Renault (47) verlegen die Ossification in die Zeit zwischen $4^1/_2$ bis $5^1/_2$ Jahren, also bis ins 6. Lebensjahr hinein.

Nach Toldt (38, 60, 1897) erscheint die Ossification im 5. Jahre, nach Rauber (49) mit 4—5 Jahren.

Fassen wir die Ergebnisse der Literatur kurz zusammen, so sagt sie ungefähr: Das Naviculare erscheint zwischen der Zeit der Geburt und dem 6. Jahre; ein wahrhaft freigebiger Spielraum!

Wie mehrere Autoren das Os naviculare vor der Geburt und im 1. Lebensjahre ossificirt finden konnten, ist mir völlig unerfindlich, allenfalls vermöchte ich noch zu verstehen, dass als Extreme das 2. und 6. Jahr angegeben werden. Es ist zwar auch dies eine auffallende Schwankungsbreite, aber eine solche ist ja für die Knochenentwicklung im postfötalen Leben, vermuthlich wegen der alsdann viel unregelmässigeren Lebens-, Ernährungs-, also auch Wachsthumsverhältnisse, im Allgemeinen eine viel grössere als in fötaler Zeit.

Eigene Beobachtungen.

Unter 76 Kindern vom 1. bis inclusive 5. Lebensjahre konnte ich vor Anfang des 3. Jahres nur einmal (No. 105, 1 Jahr 8 Monate alt) eine Ossification constatiren. Auch noch unter den Kindern aus dem 3. Jahre, 8 an der Zahl, fand ich nur ein einziges Mal einen Knochenkern vor (Fig. 8), nach Beginn des 5. Jahres fehlte ein solcher wiederum nur noch ein einziges Mal (No. 97, 4 Jahre).

Fig. 8. 2 Jahre 4 Monate (No. 244). *a* Naviculare, *b*, *c* Cuneif. I u. II bereits ossificirt, ihre Knochenkerne schon ziemlich gross. — Frühzeitige Ossification. Auf $^2/_3$ verkleinert.

Als gewöhnliches Verhalten wird sich daraus ergeben: die durchschnittliche Zeit der Verknöcherung ist das Ende des 4. Lebensjahres, extrem frühe oder späte Ossification findet sich im 2. und 5. Jahre.

Ueber die Art und Weise der Ossification sind mehrfache Angaben in der Literatur enthalten, ebenso über die knorpelige Anlage des Skelettheils und die aus dem Verhalten zu ziehenden Schlüsse.

Rambaud und Renault (47) constatiren im Naviculare pedis, zu beiden Seiten seiner Axe gelegen, je einen 5 mm grossen Kern, in dem oben bereits citirten Alter. Aus ihren Angaben scheint hervorzugehen, dass sie dieses Verhalten als constantes betrachten.

Wesentlich andere Angaben macht Bardeleben über die Zweitheiligkeit des Naviculare. Nach ihm ist schon die knorpelige Anlage eine doppelte, insofern medial vom Hauptknorpel ein zweiter kleinerer Knorpel liegt, den er zuerst (6. II. 1885) für das Tibiale, später (30. X. 1885) für das Proximale praehallucis erklärte.

Diese Duplicität kommt nach Bardeleben wiederum bei der Ver-

Tabelle III.

Naviculare aus dem Alter von 1 Jahr 8 Mon. bis zu 5 Jahren (excl.).

Fortlaufende No.		Alter	Grösse in cm	Ossification	Bemerkungen
106	lebend	1 J. 8 M.	68	—	
105	„	1 „ 8 „	—	|	
142	Leiche	1 „ 9 „	70	—	
36	„	1 „ 9 „	—	—	
260	„	2 „ 0 „	75,5	—	
185	„	2 „ 0 „	76	—	
191	„	2 „ 1 „	77,5	—?	
175	„	2 „ 0 „	77	—	
232	lebend	2 „ 4 „	76,5	—	
244	„	2 „ 4 „	80,5	|	
187	Leiche	2 „ 6 „	81	—	
172	„	?	85	—	
183	„	?	88	—	
165	„	3 „ 0 „	84	|	
117	lebend	3 „ 0 „	86	—	
104	„	3 „ 1 „	88	|	
233	„	3 „ 2 „	87	—?	
234	„	3 „ 7 „	99	—?	
196	Leiche	3 „ 7 „	92,5	—	
112	lebend	3 „ 9 „	93	|	
136	„	3 „ 9 „	—	| ?	
98	„	4 „ 0 „	94,5	|	
241	„	4 „ 0 „	99,5	|	
97	„	4 „ 0 „	102	—	
82	„	4 „ 6 „	102	| ?	
200	Leiche	4 „ 6 „	100	|	
235	lebend	4 „ 7 „	108	|	
115	„	4 „ 9 „	—	|	

knöcherung zum Ausdruck dadurch, dass in dem einheitlich gewordenen Knorpelstück zu dem Hauptkern noch ein zweiter auftritt.

Was nun meine eigenen Beobachtungen anlangt, so kann ich mich den Angaben Rambaud-Renault's (47) insoferne anschliessen, als ich einen doppelten Knochenkern (Fig. 7 p. 460) an 4 daraufhin untersuchten Kindern mit 5 Jahren 2 Mal beobachtete, darunter 1 Mal unter präparatorischer Controle. Die Lage derselben sowie die Grösse ist die nämliche, wie sie die genannten Autoren angeben. Ausserdem beobachtete ich bei einem 7 Jahre 7 Monate alten Kind einen Doppelkern, welcher anscheinend schon längere Zeit durch eine schmale Knochenbrücke vereinigt war. Es sind also anscheinend ziemlich spät noch Spuren einer solchen Ossification aus 2 Centren zu beobachten. Da ich nun auch in einem

die weitesten Extreme berücksichtigenden Spielraum, vom 2.—8. Jahre, unter 51 untersuchten Kindern 23 Mal nur einen Kochenkern im Naviculare pedis gefunden habe, und bloss in drei Fällen einen Doppelkern, so ist die Constanz des Verhaltens, welche Rambaud und Renault anzunehmen scheinen, sehr zu bezweifeln.

Fig. 7. 5 Jahre (No. 169). *a*, *b* 2 Kerne im Naviculare. *c* Andeutung eines Cun. bipart. in der Ossificationsweis. *d* Pseudoepiphyse im Köpfchen von Metat. 1. *e* 2 kleine Epiphysenkerne im Köpfchen des Metat. 3. *f* Pseudoepiphyse in Mittelphal. 4. Keine Knorpelverschmelzung zwischen Mittel- und Endphal. 5. Epiphysenkern an letzterer. Auf $^1/_3$ verkleinert.

Bade äussert sich übrigens über diesen Punkt in ganz ähnlicher Weise.

Pfitzner (45) giebt für 10 % aller Fälle das Vorkommen eines selbständigen Skeletstückes an, welches er Tibiale externum benennt. Thilenius (56) führt diese Knochenvarietät auf eine selbständige Knorpelanlage zurück, indem er Bardeleben's (5, 6) oben citirte Angabe bestätigt. Schliesslich sei hier die Angabe Gruber's erwähnt, der als Varietät die Zweitheilung des Naviculare pedis beschrieben hat.

Die doppelte Anlage des Naviculare aus 2 Knochenkernen hat aber mit dem Tibiale externum Pfitzner's offenbar nichts zu thun. Denn während dieses Skeletelement ganz randständig auf der medialen Seite liegt, waren die zwei beobachteten Knochenkerne ziemlich central ins Naviculare eingebettet; auch die Zeit des Auftretens ist ja von den Bardeleben'schen Beobachtungen grundverschieden. An der von Bardeleben angegebenen Stelle, der Tuberositas ossis navicularis, sah ich allerdings einen lange persistirenden Knorpelhöcker, ohne aber den zur Pubertätszeit auftretenden Knochenkern beobachten zu können, wie dies Bardeleben angiebt.

4. Cuboideum.

Literatur.

Schwegel (54) giebt als erstes Auftreten eines Knochenkerns im Cuboideum den 7. fötalen Monat an, mit einer Schwankungsbreite bis zu 1 Jahr nach der Geburt.

Meckel (39) verlegt die Verknöcherung auf das Ende des 8. Monats, Böhmer (13),

Sömmering, Quain (45a), Kölliker (34), Schultze (53), Holden, Campana, Debierre (16), Gegenbaur (22), Lambertz (37) (nach Röntgenstrahlenuntersuchung), Kollmann (35) und Hertwig (30) in die Zeit kurz vor der Geburt.

Nach Cruveilhier (15), Rambaud und Renault (47), Rauber (49) und Toldt (38, 49) geschieht die Ossification gerade um die Zeit der Geburt oder im 1. Monat post partum.

Die alten Forscher dagegen, Kerckring (33), Albinus (1), Nesbitt (23) und mit ihnen einer der jüngsten Bearbeiter, Bade (3), haben den Knochenkern nie an Föten gesehen.

Béclard (8) beobachtet ihn zuerst einige Monate nach der Geburt, Sappey (52) 6 Monate nach derselben, Nikolai (41) 1 Jahr, Blumenbach (12) 18—24 Monate post partum.

Die Mehrzahl der Autoren stimmt hiernach darin überein, dass die Verknöcherung kurz vor oder nach der Geburt einsetzt, wenn auch Schwankungsbreiten zwischen dem 7. Fötalmonat und dem 2. Lebensjahre angegeben wurden.

Eigene Beobachtungen.

Wenn ich diesen Resultaten die Befunde an meinem Material, 102 Objecten aus dem Alter von 7 Monaten des fötalen bis zu 6 Monaten[1] des postfötalen Lebens, gegenüberstelle, kann ich der Annahme so grosser Excursionsbreiten nicht beipflichten. Ich habe nie vor Anfang des 9. Fötalmonats das Cuboideum mit Ossification angetroffen und andererseits nach der Geburt eine Verknöcherung des Cuboideums nur 2 Mal (unter 24 Kindern bis 6 Monten incl.) vermisst. Das war einmal an einem viermonatlichen aber nur 53 cm langen, und einmal an einem sechsmonatlichen, im Wachsthum sehr zurückgebliebenen Kind (56 cm gross) der Fall. Auch hier war übrigens, wie das Mikroskop zeigte, die Verknöcherung bereits vorbereitet.

Den Beginn der Ossificationsvorgänge haben wir bei einer Grösse des Fötus bezw. Kindes von ca. 46 cm an ungefähr 70 mm langen Füsschen zu erwarten, dabei jedoch einen Spielraum bis zu einem verspäteten Auftreten bei 58 cm Gesammtlänge und 80 mm Fusslänge anzunehmen.

Als Durchschnittszeit dürfen wir den 10. Fötalmonat, also, wie die meisten Autoren richtig angeben, die Zeit der Geburt annehmen; beim „Neugeborenen“ findet es sich in ca. 50% der Fälle, wobei aber zu berücksichtigen ist, dass hier auch jüngere Stadien mit unterlaufen, da der Begriff „Neugeborener“ in Bezug auf das absolute Alter ungenau ist. Tabelle IV.

Die Ossification zeigt auch im Cuboideum Eigenartiges. Auch hier beginnt sie nicht von einem Punkte, um dann von da aus nach allen Seiten zu wuchern, sondern setzt an mehreren Stellen ein und zwar in einer sehr regelmässig wiederkehrenden Weise.

[1] Tabelle IV umfasst davon nur die Zeit vom 9. Fötal- bis 5. Lebensmonat.

Tabelle IV.

Cuboideum (vom 9. Fötal- bis zum 5. Lebensmonat incl.).

Fortlaufende Nummer	Altersbestimmung der Föten: Grösse der Föten in cm	Gewicht in g	Kopfumfang	Alter in Monaten	Länge der Füsse in mm	Knochenkerne	Bemerkungen
222 r.	43,5	2690	34	9 Monat fötal	—	—	
223	44	1525	29	„	—	—	
73	45	—	30	„	75	—	
56	45	2000	27	„	74	—	
207	45	2000	34	„	—	—	
23	45	1810	30	„	68	—	
76	45	—	31	„	65	—	
144	45	1925	31	„	65	—	
90	45,5	1740	31	„	—	—	
229	45,5	1570	32	„	—	|	
75	45,5	2250	30,5	„	69	—	
176 r.	46	2000	31	„	—	|	
l.	—	—	—	„	—	|	
55	47	1780	30,5	„	72	—	
63	47	2700	32	„	75	|	
59	48	2250	30,5	„	67	—	
62	48	1800	31,5	„	—	||	
159 r.	48,5	2400	33	10 Monat fötal	—	—	
l.	—	—	—		—	—	
158 r.	49	—	32	„	74	||	Andeutung eines 3. Kerns.
l.	—	—	—	„	73	—	
157 r.	49	—	32	„	75	||	
l.	—	—	—	„	75	||	
92	49,5	1650	32,5	„	—	—	
214	49,5	2350	32,5	„	—	||	
221	49,5	2625	34	„	—	|	
60	50	1800	31,5	„	73	||	
220	50	2875	33	„	—	|	
89	50	—	33	„	71	|	
225	51	2325	34	„	—	||	
87	51	—	32,5	„	71	—	
148 r.	51	2835	36	„	—	||	} Andeutung eines 3. Kerns.
l.	—	—	—	„	—	||	
57	51	2500	33	„	73	|	
213	52	2630	35	„	—	|	
70	52	—	33,5	„	80	|	
77	53	—	35,5	„	78	||	
74	53	—	35,7	„	—	|	
212	54	2600	35	„	—	—	

Fortlaufende Nummer	Altersbestimmung der Föten					Knochenkerne	Bemerkungen
	Grösse der Föten in cm	Gewicht in g	Kopfumfang	Alter in Monaten	Länge der Füsse in mm		
71	56	—	37	10 Monat fötal	85	||	
85	57	—	34	„	75	—	
54	58	—	35	„	82	—	
155 r.	59,7	—	38	„	89	|||	
l.	—	—	—	„	83	|||	
49	Ohne weitere Angaben			Neugeborenes	67	—	
46	„	„	„	„	66	—	
48	„	„	„	„	74	—	
44	„	„	„	„	69	|	
45	„	„	„	„	—	|	
43	„	„	„	„	—	—	
47	„	„	„	„	76	||	
42	„	„	„	„	87	||	
210 r.	45	Keine Angaben darüber vorhanden		1/2 M. p. p.	—	||	
l.	—			„	—	||	Andeutung eines 3. Kerns.
38	52	„	„	„	69	|	
33	52	„	„	1 M. p. p.	77	||	Andeutung eines 3. Kerns.
39	52	„	„	„	70	|	
124 r.	47	„	„	„	70	|||	
l.	—	„	„	„	—	|||	
141 r.	56,5	„	„	2 M. p. p.	—	|	
l.	—	„	„	„	—	|	
120 r.	48	„	„	„	68	|	
l.	—	„	„	„	—	|	
41	57	„	„	„	85	|	
32	50	„	„	3 M. p. p.	—	|	
81	—	„	„	„	—	|	
121	56	„	„	„	80	||	
193	59	„	„	3 1/2 M. p. p.	99	|	
188	53,5	„	„	4 M. p. p.	—	—	
189	58	„	„	„	—	||	
123	52	„	„	4 1/2 M. p. p.	77	|	
194	56	„	„	5 M. p. p.	—	|	

Nach den Angaben meiner Tabellen möchte ich die Vorgänge folgendermaassen festlegen: Es bildet sich im Centrum des Cuboideum zuerst eine Zone veränderten Knorpels. Der Knorpel ist grossblasig und zeigt an seinem Rande einen Saum von gedrängter liegenden abgeplatteten Knorpelzellen, ähnlich dem Säulenknorpel bei der Ossification

Fig. 10. 10 Monate fötal. 2 Kerne im Cuboideum. Auf $^2/_3$ verkleinert.

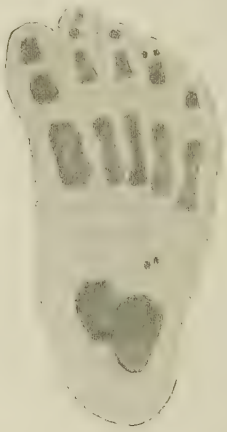


Fig. 11. 10 Monate fötal. 2 Kerne im Cuboideum. Auf $^2/_3$ verkleinert.

Fig. 12. 10 Monate fötal. 2 Kerne im Cuboideum. Auf $^2/_3$ verkleinert.

Fig. 13. 2 M nate post partum, verschmolzener Doppelkern. Auf $^2/_3$ verkleinert.

der Röhrenknochen. Eine Abbildung (Fig. 9 auf Taf. XIII) soll das Verhalten illustriren. An dem unteren Rande setzt hierauf, nachdem diese veränderte Zone auch Kalkeinlagerungen erhalten hat, die Ossification ein und erzeugt hier einen rundlichen Kern. Darauf breitet sich unabhängig davon am oberen Rand dieser Knorpelzone ein schalenförmiger

Ossificationsherd aus, der in der Mehrzahl der Fälle mehr lateral lag. Ausser diesen beobachtete ich einmal noch ein 3. Knochenpünktchen, mehr nach rückwärts zu gelegen (Fig. 10, 11, 12, 13).

Da sich diese Ossificationskerne nach allen Seiten ausbreiten, besonders auch gegen das Centrum des Hofes von verändertem Knorpel, verschmelzen sie miteinander.

Doch kann man auch nach dieser Verschmelzung noch eine Zeit lang aus der Hakenform des vereinigten Knochencentrums dessen Anlage aus 2 event. 3 Stücken erkennen (Fig. 13).

Das Cuboideum wird von der vergleichenden Anatomie als ein aus den Tarsalien IV und V zusammengesetztes Element betrachtet.

Indessen reicht der gegenwärtige einheitliche Zustand in unveränderter Form so weit zurück — bei den Urodelen schon finden wir meist Verschmelzung von Tarsale IV und V! —, dass schon von vornherein schwerlich mehr entwicklungsgeschichtliche Spuren des ursprünglichen Verhaltens zu erwarten sind.

Eine getrennte knorpelige Anlage erfolgt bekanntlich nicht; auch als Varietät will sie nur Blandin 1834 gefunden haben, eine Angabe, die Pfitzner, gegenwärtig wohl der erfahrenste Varietätenkenner, auf Grund ungemein zahlreicher Untersuchungen mit lebhaften Zweifeln aufnimmt, da er niemals einen Anhaltspunkt für Zweitheilung dieses Skeletstückes finden konnte. In Anbetracht dieser Thatsachen möchte ich in der geschilderten Ossificationsweise, zumal da die Kerne innerhalb eines gemeinsamen Centrums auftreten, und in ein paar Fällen selbst die Anlage eines 3. Kerns angedeutet war, keine wesentliche Beweiskraft für eine früher getrennte Anlage erblicken, wenn es auch auffallend bleibt, dass die beiden Kerne immer in der gleichen typischen Form und Lagerung erscheinen.

Was das weitere Wachsthum des vereinigten Cuboideumkernes anbelangt, so rückt derselbe innerhalb des 1. Jahres nahe an die Peripherie des Skeletstückes, und zwar hauptsächlich nach oben und medialwärts. Es bleibt aber dann eine ganz dünne Knorpellage noch unter dem Perichondrium erhalten. Im 1., manchmal auch im 2. Jahre stösst der Knochen oben ans Periost an, und füllt dann ganz allmählich das Skeletstück mit Knochen aus, so dass wir es eigentlich erst mit 7 Jahren total verknöchert finden.

5. Cuneiforme I (s. mediale).

Literatur.

Meckel (39) und Rambaud-Renault (47) finden das grosse Cuneiforme zur Zeit der Geburt mit einem Knochenkern versehen, Schwegel (54), Kölliker (34), Schultze (53) zwischen der Zeit der Geburt und dem vollendeten 1. Jahre, Béclard (8), Nikolai (41), Gegenbaur (22) und Kollmann (35) im 1. Lebensjahre, Bade (3) zwischen dem 16. und 24. Monat.

Debierre (16) findet eine Ossification im Cuneiforme I zu 61 % im 3. Jahre, den Rest zwischen dem 3. und 4. Jahre, selten noch später. Seine Beobachtungen hierüber sind an 38 Kindern zwischen 18 Monaten und 5 Jahren angestellt. Aehnlich giebt Hertwig (30) als Zeitpunkt der Ossification im Cuneiforme I an „im 3. Jahre", Toldt (59, 38) den Anfang des 3. Jahres, Lambertz (37) „bis zum 3. oder 4. Jahre . . . gleichzeitig oder wenig später als das Naviculare", Rauber (49) das 4. Jahr.

Sappey (52) beobachtet die Verknöcherung des Cuneiforme I gleichzeitig mit dem Scaphoid „zwischen 3 und 4 Jahren", also nach obiger Ausdrucksweise im 4. bis 5. Lebensjahre.

Ueber das Verhalten des Cuneiforme mediale in der knorpeligen Anlage und andererseits im erwachsenen Zustand ist aus der Literatur noch Folgendes zu notiren: Bardeleben (6) beobachtete im 2. Monat des Fötallebens eine Trennung der knorpeligen Anlage des Cuneiforme I durch eine Längslinie in 2 übereinandergelegene Stücke, worauf er auch eine an diesem Knochen beim Erwachsenen gefundene horizontalziehende Nahtlinie beziehen zu müssen glaubt. Pfitzner (45) fand ein Cuneiforme bipartitum in 0,33 % der von ihm untersuchten Füsse.

Eigene Beobachtungen.

Cuneiforme I und II erscheinen fast gleichzeitig mit einem Verknöcherungspunkt, I meist etwas früher als II, beide bedeutend später

Fig. 14. 2 Jahre 4 Monate (No. 232). Kerne im Cuneiforme I u. II. Auf $^2/_3$ verkleinert.

Fig. 15. 3 Jahre (No. 165). Kerne in Naviculare, Cuneiforme I u. II. (Der Epiphysenkern an Grundph. 2 ist wegen seiner Kleinheit auf dem Diagramm nicht sichtbar.) Auf $^2/_3$ verkleinert.

als III. Während I meist vor dem Naviculare zu verknöchern beginnt, kann II auch nachher erscheinen. Verfrüht konnte ich das Cuneiforme mediale in einem Falle in der 2. Hälfte des 2. Jahres (1 Jahr 8 Monate No. 105 der Tabelle V.) bereits mit einem über 4 mm grossen Kern versehen finden. Sonst aber tritt ein Kern normalerweise erst im 3. oder der 1. Hälfte des 4. Jahres auf (Fig. 14, 15). Denn während Cuneiforme I mit II, 2 Mal unter 8 Fällen, an 2 Jahre 4 Monate alten Kindern bereits ossificirt war, fehlte die Verknöcherung noch bei einem 3 Jahre 2 Monate alten Kind. Von der 2. Hälfte des 4. Jahres an aber war sie stets zu finden (Tabelle V).

In einem Falle beobachtete ich das Cuneiforme I mit grosser Wahrscheinlichkeit als aus 2 Kernen angelegt. Es war an einem 7 Jahre 4 Monate alten Kind (No. 37) ein unterer grösserer und ein oberer kleinerer Knochenkern durch eine schmale Knochenbrücke verbunden. Da sich auch bei anderen Kindern, wie auf Tabelle ersichtlich, manchmal im Cuneiforme I über dem Schatten des Hauptkernes noch ein kleinerer zweiter auf der photographischen Platte abhob und auch an der Leiche als nach obengehender Zapfen vorfand (Fig. 16), so ist anzunehmen, dass sich das Skeletstück, wenn auch wohl nicht constant, aus 2 Knochenkernen bilden kann. Ein solches Verhalten erinnert an das oben erwähnte Cuneiforme bipartitum, um so mehr als hier wie dort das eine Stück über dem anderen lag.

Fig. 16. 4½ Jahre (No. 200). *a* Im Cuneiforme I ein Knochenzapfen vom Ossificationsherd aus nach oben (Andeutung von Cuneif. I bipartit). *b* Pseudoepiphyse an Metat.-Köpfchen 1. *c* An Basis des Metat. 2. *d* Pseudoepiphyse an Mittelphalanx 5. s. Seite 487. (Die Epiphysenkerne an Endphal. 3 und 5 sind am Bild nicht sichtbar, ebenso die Pseudoepiphyse an Metat. 3.) Auf ⅔ verkleinert.

Da Cuneiforme I im erwachsenen Zustand bedeutend grösser ist als III, dieses aber beim Auftreten von Cuneiforme I meist schon einen ziemlich grossen (ca. 7 mm grossen) Knochenkern besitzt, endlich beide zusammen gegen das 7. Jahr das knorpelige Skeletstück fast ausfüllen, so folgt, dass Cuneiforme I bedeutend schneller wächst als III.

Tabelle V.

Cuneiforme I und II (im Alter von 1 J. 8 M. bis 4 J. 9 M.).

Fortlaufende No.		Alter	Grösse in cm	Ossification		Bemerkungen	
				I	II	I	II
106	lebend	1 J. 8 M.	68	—	—		
105	„	1 „ 8 „	—	|	—		
142	Leiche	1 „ 9 „	70	—	—		
36	„	1 „ 9 „	—	—	—		
230	„	2 „	75,5	—	—		
185	„	2 „	76	—	—		
175	„	2 „	77	—	—		
191	„	2 „ 1 „	77,5	—	—		
232	lebend	2 „ 4 „	76,5	|	|		
244	„	2 „ 4 „	80,5	|	|		
187	Leiche	2 „ 6 „	81	—	—		
172	„	2 „ ? „	85	—	—		
183	„	3 „ ? „	88	—	—		
165	„	3 „	84	|	|		
117	lebend	3 „	86	—	—		
104	„	3 „ 1 „	88	|	|		
233	„	3 „ 2 „	87	—	|		
234	„	3 „ 7 „	99	| *	|	* Knochenzapfen nach oben.	
196	Leiche	3 „ 7 „	92,5	| *	|	* Vielleicht aus 2 Kernen entstanden.	
112	lebend	3 „ 9 „	93	|	|		
136	„	3 „ 9 „	—	|	|		
98	„	4 „	94,5	|	|		
241	„	4 „	99,5	|	|		
97	„	4 „	102	| *	|	* Nach der photogr. Platte vielleicht 2 Kerne.	
82	„	4 „ 6 „	102	|	|		
200	Leiche	4 „ 6 „	100	| *	|	* Zapfen nach vorn oben.	
235	lebend	4 „ 7 „	108	|	|		
115	„	4 „ 9 „	—	|	|		

6. Cuneiforme II.

Literatur.

Nach Meckel (39) ossificirt das Cuneiforme II zur Zeit der Geburt, nach Nikolai (41) im 1. Jahre, nach Schwegel (54) zwischen 1 und 4 Jahren. Gegenbaur (22) giebt diesbezüglich an: „Cun. II nach I, so dass im 3. und 4. Jahre alle 3 Keilbeine mit Knochenkernen versehen sind," ähnlich lautet auch die Angabe Kollmann's (35). Bade (3) lässt dieses Skeletstück mit $2^1/_2$, Debierre (16) nach Untersuchung an 8 3jährigen und 5 18 Monate bis 2 Jahre alten Kindern „gegen das 3. Jahr", Schultze (53), Kölliker (34) und Hertwig (30) im 3. Jahre, Sappey (52) „gegen 3 Jahre", Toldt (38, 59) im 4. Jahre, Lambertz (37) im 3. oder 4. Jahre verknöchern. Nach Rambaud und Renault (47) erscheint im 4. Jahre das Cuneiforme II gemeinsam mit dem III.

Eigene Untersuchungen.

Ueber das zweite Keilbein gilt in der Hauptsache das bei Cuneiforme I Gesagte für die Zeit des Auftretens einer Verknöcherung. Es ist nur hinzuzufügen, dass sie einmal noch fehlte, als sie in Cuneiforme I schon vorhanden war, dass dieselbe ferner auch sonst von Anfang an stets kleiner als in Cuneiforme I getroffen wird, was wohl darauf hindeutet, dass sie etwas später als in diesem erscheint (s. Tabelle V p. 468).

Eine Anlage aus 2 Kernen konnte nicht beobachtet werden, ein Verhalten, das mit der allgemein herrschenden Ansicht von der Einheitlichkeit dieses Knochens im Einklange steht.

7. Cuneiforme III.

Literatur.

Meckel (39), Nikolai (41), Schwegel (54), Sappey (52), Retterer (51), Quain (45 a), Holden, Gegenbaur (22), Rauber (49), Kollmann (35), auch die neuen Arbeiten von Bade (3) und Lambertz (3) (Röntgenuntersuchungen) geben das 1. Lebensjahr als die Verknöcherungszeit des 3. Cuneiforme an. Dabei betont Meckel die Zeit nach Ablauf der ersten Monate post partum, Bade den 6. Monat, Sappey das Ende des 1. Jahres.

Nach Debierre's (16) Untersuchung von 11 Kindern (zwischen 5 und 20 Monaten) erscheint die Ossification im 12.—18. Monat, nach Toldt (38, 59) im 2. Jahre, nach Cruveilhier (15), Kölliker (34), Schultze (53) und Hertwig (30) im 4. Jahre, nach Hildebrandt (31), Béclard (8), Rambaud und Renault (47) erst nach Ablauf des 4. Jahres. Letztere Forscher beobachteten dabei ein rapides Wachsthum des Ossificationscentrums.

Von Varietäten am Erwachsenen hat Pfitzner (45) einmal einen „Processus uncinatus Cun. III" isolirt gefunden. Ueber eine Anlage aus mehreren Knorpelelementen ist nichts bekannt.

Eigene Beobachtungen.

Das früheste Auftreten von Verknöcherung fand sich bei einem 48 cm grossen Kind, das uns als 2monatlich übermittelt worden war.

Unter 12 Kindern aus dem 1. Halbjahr war 6 Mal eine Ossification vorhanden, unter 19 Kindern aus dem 2. Halbjahr fehlte sie nur mehr 4 Mal, und erreichte zuweilen schon eine Grösse von 5 mm.

Im 2. Lebensjahre besass unter 14 untersuchten Kindern nur 1 an Rhachitis verstorbenes Kind von 1 Jahr 9 Monaten noch keine Ossification in dem Cuneiforme III, aber doch bereits intensive Knorpelveränderungen. Nach dem abgelaufenen 2. Lebensjahr war nur einmal an einem gerade 2 Jahre alten Kind mit 76 cm Grösse das Resultat der Durchleuchtung ein zweifelhaftes, wahrscheinlich negatives.

Als Durchschnittswerth ist demnach der 6. Monat, als Extreme der 2. Monat und das Ende des 2. Jahres anzusehen. Die Lage des Ossificationscentrums ist central, jedoch mehr nach dem oberen medialen Theil zu verschoben.

Eine Anlage aus 2 Knochenpunkten konnte nicht gefunden werden.

Tabelle VI.

Cuneiforme III (im Alter von 2 Monaten nach der Geburt bis 1 J. 9 M.).

Fortlaufende No.	Altersbestimmung der Kinder: Grösse in cm	Alter in Monaten	Länge der Füsse in mm	Knochenkerne	Bemerkungen
120	48	**2 Monate**	68	|	
141	56,5	2 „	—	|	1 mm grosser Kern.
41	57	2 „	85	—	
32	50	**3** „	—	—	
81	—	3 „	—	—	
121	56	3 „	80	|	2½ mm grosser Kern.
193	59	3½ „	99	|	
188	53,5	**4** „	—	—	
189	58	4 „	—	—	
123	52	4½ „	77	—	
194	56	**5** „	—	|	
186	66	5½ „	—	|	
143	56	**6** „	—	—	
190	58,5	6 „	—	|	
80	—	6 „	—	|	
34	—	6 „	—	|	
69	62	6 „	87	|	
140	67,5	6 „	—	|	
139	68	6 „	—	|	5 mm grosser Kern.
168	69	6 „	—	—	
179	—	6 „	—	|	
154	—	6 „	—	|	
198	—	6 „	—	|	
167	66,5	**7** „	—	—	
201	61	7 „	—	|	
202	62,5	7 „	—	|	
83	—	7 „	—	—	
166	63	**8** „	—	|	
195	70	**9** „	—	|	
79	—	9 „	—	|	
118	71	9 „	—	|	
197	65,5	1 J. 0 M.	—	|	
119	68	1 „ 0 „	—	|	
174	68	1 „ 0 „	—	|	5 mm grosser Kern.
199	70	1 „ 0 „	—	|	
40	73	1 „ 0 „	—	|	
138	87	1 „ 0 „	—	|	5 mm grosser Kern.
113	66	1 „ ½ „	—	|	
173	73	1 „ 2 „	—	|	
192	66	1 „ 3 „	—	|	
137	80	1 „ 3 „	—	|	
35	68	1 „ 5 „	—	|	
106	72	1 „ 8 „	—	|	
142	70	1 „ 9 „	—	|	7 mm grosser Kern.
36	—	1 „ 9 „	—	—	Hier nur Knorpelveränderungen.

B. Metatarsalia.

Literatur.

Schon Kerckring (33) beobachtete die frühzeitige Ossification der Mittelfussknochen. Er fand sie zwischen dem 2. und 4. Fötalmonat.

Albinus (1) findet sie „etiam in parvulis abortibus". Ueber die Epiphysen besitzt er bereits Beobachtungen. Er sagt von ihnen, dass die distalen eigene Verknöcherungscentren erhalten, die zwischen dem 5. und 10. Jahr mit den Diaphysen verschmelzen. Auch die selbständige Ossification der basalen Halluxepiphyse hat er bereits bemerkt und angegeben, dass eine solche an den Basen der übrigen Metatarsen fehle.

Nesbitt (23) äussert sich über die Metatarsen folgendermaassen: Zwischen dem 2. und 3. Monat fangen diese Knochen auf die gleiche Art wie die grösseren cylindrischen Knochen an zu verknöchern.

Meckel (39) nennt den 3. Monat als Zeitpunkt für die Verknöcherung der Mittelfussknochen. Bezüglich der Epiphysen bringt er schon Genaueres als seine Vorgänger. Er verlegt das Auftreten der Epiphysenkerne ins 2. Jahr, ihre Verschmelzung in die Zeit des vollendeten Wachsthums und erinnert daran, dass der Metatarsus Hallucis in Bezug auf seine Epiphysen einer Phalange ähnlich sei.

Béclard (8) und Blumenbach (12) geben an, dass die Diaphysen: „etwas nach dem 45. Tag und zwar in der Reihenfolge von 2, 3, 4, 5, 1 ossificiren". Aehnlich spricht sich auch Senff aus. Béclard lässt die Köpfchenepiphysen dieser Knochen mit $2^1/_2$ Jahren ossificirten und mit den Diaphysen etwas nach dem 19.—20. verschmelzen.

Nikolai (41) und Cruveilhier (15) stimmen überein, indem sie die Ossification der Metatarsus-Diaphysen im 3. Monat der Schwangerschaft, die der distalen Epiphysen im 2. Jahre beobachten. Cruveilhier findet die Vereinigung der beiden im 17. und 18. Jahre, an der proximalen Halluxepiphyse 1 Jahr früher. Schwegel (54), nach welchem der Verknöcherungsprocess im 4.—5. Fötalmonat eintreten soll, will sowohl proximale als distale Epiphysen gesehen haben, welche er zwischen 14. und 24. Jahr einerseits und zwischen 16. und 26. Jahr andererseits mit der Diaphyse verschmelzen lässt. Kölliker (34) giebt für das Auftreten der Diaphysen den 4. Fötalmonat, für die Phalangen das 2. Jahr an, ähnlich auch Schultze (53); Rambaud's und Renault's (47) Angaben lauten: Ossification der Diaphysen mit 40—45 Tagen, der Epiphysen im 2. Jahr, Verschmelzung beider vom 18.—19. Jahr an.

Sappey's (52) Beobachtungen bezüglich der Diaphysen decken sich mit denen Cruveilhier's, mit dem Zusatze, dass nach ihm $^6/_7$ des Skeletstücks vom Hauptkern erfüllt werden.

In Gegenbaur's (22) anatomischem Lehrbuch findet sich die Zeit der Ossification der Diaphyse in die 6. Woche verlegt, die Epiphysenkerne seien vom 3. Jahr an vorhanden. Hier ist auch die Möglichkeit einer Spur von distaler Epiphyse an Metacarpus bezw. Metatarsus am 1. sowie einer proximalen am 2. Mittelhandknochen eingeräumt.

Rauber's (49) Anatomie enthält über die fraglichen Verhältnisse die folgenden Angaben:

Die Metatarsus-Diaphysen verknöchern in der 8.—9. Embryonalwoche, die Epiphysen zwischen dem 3. und 8. Jahr und verschmelzen zwischen 19 und 20 Jahren.

Toldt (38, 59) findet die Ossification in dem Schafte der Metatarsi am Ende des 3. Monats, Kollmann (35) am Anfang des 4. Monats und Hertwig (30) von der 9. Fötalwoche an. Die Epiphysenkerne erscheinen nach Letzterem im 3. Jahre.

Die beiden Untersucher unseres Gegenstandes, die in jüngster Zeit darüber mit Hilfe von Röntgenstrahlen gearbeitet haben, seien endlich noch des Genaueren berücksichtigt.

Bade (3) hat die Ossification des Hauptknochenkerns in den Metatarsen zwischen der 10.—12. Woche gesehen, und zwar zuerst an einem 5,8 cm langen, 8 g schweren Fötus.

Ueber die distalen Epiphysenkerne, die doch schon der alte Albinus erwähnt, äussert er sich auffallenderweise so, als ob diese nicht schon längst bekannt wären, indem er sagt: „Auf Bildern von 4—4½ Jahren sieht man am distalen Ende der Metatarsalien 2—5 auch noch kleine Schatten auftreten, aber man kann noch nicht genau sehen, ob sie isolirt sind oder ob sie vom Ende des Knochens weiter wuchern. Es sind wohl analog den Epiphysenkernen an der Hand auch selbständige Bildungen. Aus weiteren Ausführungen des Verfassers geht übrigens hervor, dass er der Anschauung ist, es hätten überhaupt die Röhrenknochen des Fusses eine constante Epiphysenbildung zum grössten Theile eingebüsst.

Lambertz (37) giebt als Zeitpunkt des Erscheinens eines Hauptknochenpunktes die 10.—11. Woche an, unter genauerer Schilderung des Ossificationsvorganges. Die zuerst angelegte periostale Knochenrinde beginnt nach ihm von der Dorsalseite aus zu entstehen, umwächst hierauf das Skeletstück, bleibt dabei aber längere Zeit auf der Dorsalseite breiter, was der jung gebildeten Knochenzone die Gestalt eines Siegelrings verleiht.

Die Reihenfolge der verknöchernden Metatarsalien wird wie bei Béclard angegeben. Sie entspricht dem Längenverhältniss der Knochen (2, 3, 4, 5, 1).

Eigene Beobachtungen.

Was das Auftreten der ersten Veränderungen in den noch knorpeligen Metatarsalien betrifft, habe ich Folgendes festgestellt. An dem jüngsten

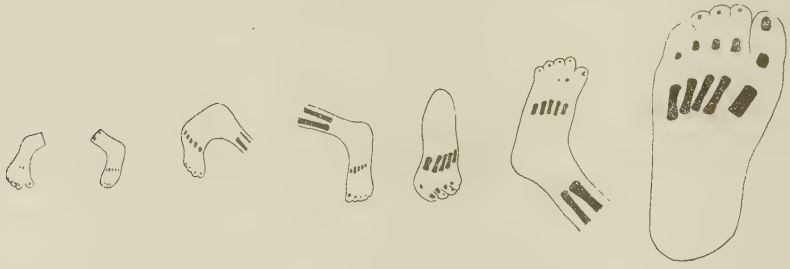


Fig. 17. 9.—10. Woche (No. 4). Fig. 18. 10. Woche (No. 3). Fig. 19. 11. Woche (No. 1). Fig. 20. 12. Woche (No. 6). Fig. 21. 4. Monat Mitte (No. 5). Fig. 22. 4. Monat Mitte (No. 12). Fig. 23. 5. Monat Ende (No. 13). Einige Knochenkerne waren hier nur mikroskopisch sichtbar.

von mir daraufhin geschnittenen Embryo von 1,95 cm Länge war noch nichts von Ossificationsvorgängen zu bemerken; hier fand sich noch die Differenzirung des Knorpels aus dem Vorknorpelstadium.

Die den Ossificationsprocess einleitenden Vorgänge (grossblasiger Knorpel) waren zum 1. Mal klar ausgesprochen bei einem 3,5 cm langen und 2,2 g schweren Fötus (7.—8. Woche). Ein zweiter um ½ cm grösserer Fötus mit 3 g Gewicht (9. Woche) wies bereits wohl ausgeprägte Knorpelverkalkung auf.

Von der 9. Woche ab war stets schon Knochengewebe an der Diaphyse der Metatarsalien gebildet, wenn auch nicht an allen Metatarsalien des gleichen Fusses, so doch stets an einem oder mehreren.

Von der 10. Woche an waren constant alle Metatarsalia mit einem Knochenkerne versehen. Diese an 16 Föten bis zum 5. Fötalmonat angestellten Beobachtungen wurden zuerst ausnahmslos mittelst der röntgographischen Methode gewonnen und dann durch makroskopische und mikroskopische Präparation nachgeprüft und erweitert. Es fällt hiernach die Ossification der Metatarsalien in die 9.—10. Woche des Fötallebens.

Tabelle VIIa.

Auftreten der Diaphysenkerne in den Metatarsalien.

Laufende Nummer	Altersbestimmung der Föten: Grösse der Föten in cm	Gewicht in g	Kopfumfang in cm	Alter	Ossification in der Zehe: 1.	2.	3.	4.	5.	Bemerkungen: I. Untersuchungsmethode	II. Nebenbefunde
53	1,95	—	—	—	—	—	—	—	—	Mikroskop. nachuntersucht	
30	3,5	2,2	—	7.—8. Woche	—	—	—	—	—		Grossblasiger Knorpel.
29	4	3	—	9. „	—	—	—	—	—	„	Verkalkung.
4	6,5	7	—	9.—10. „	—				—		Das Röntgenbild zeigte hier ungenügend, vergl. Fig. 17.
3	7	7	—	10. „						„	
1	8,5	17	—	11. „						„	
2	9	19	—	12. „						„	
6	9	19	—	12. „						„	
17	10	20,5	7,5	4. Mon. Anf.						Mit Kaliglycerin untersucht	
27	12,5	35	10	4. „ „							
5	14	45	10,5	4. „ Mitte						Mikroskopisch untersucht	
7	14,5	75	12	4. „ „							
12	14,5	68	10,5	4. „ „							
28	14,5	68	11	4. „ „							
14	16,5	100	12	4. „ Ende						Kaliglycerin	
26	17	99	12	4. „ „						„	

Bei Feststellung der Reihenfolge der ossificirenden Metatarsalien war ich nicht in der Lage, für jede einzelne Zehe den Zeitpunkt des auftretenden Knochenkerns durch directe Beobachtung festzustellen, wohl aber liess sich aus der verschiedenen Grösse und Form der jeweilig vorhandenen Kerne ihr relatives Alter nachträglich erschliessen (siehe Fig. 20, 21).

Hierbei ergab sich, dass die Mittelfussknochen in der Reihenfolge 2, 3, 4, 5, 1 ossificiren, wie auch schon von einigen anderen Autoren angegeben wurde. Zuletzt verknöchert also derjenige des Hallux, der zu einer Zeit, da im Metatarsus 2 fast das ganze Skelettstück bis auf die knorpeligen Epiphysen von Knochengewebe erfüllt ist, erst einen ganz schmalen Streif eben eingedrungenen Knochens aufweist.

Es verhalten sich zu diesem Zeitpunkt die relativen Längen der knöchernen Diaphysenstücke der Metatarsen ungefähr folgendermaassen zu einander: Metatarsus 2 verhält sich zu 3 : 4 : 5 : 1 ungefähr wie 5 : 4 : 3 : 2 : 1. Das Knochenstück des Metatarsus 2 ist also hier fünfmal so lang, als dasjenige des Metatarsus 1.

Tabelle VIIb.

Das Wachsthum der Metatarsalia in Millimeter.

				I.	II.	III.	IV.	V.
11	Wochen	1	Messung	0,75	1,0	1,0	0,75	0,75
12	„	1	„	0,75	1,25	1,25	1,0	1,0
4	Monat	8	„	2,03	2,41	2,34	2,32	2,19
5	„	8	„	4,06	4,71	4,50	4,34	4,22
6	„	2	„	6,0	6,25	6,5	6,75	6,25
7	„	2	„	7,75	8,25	8,5	7,75	7,5
8	„	1	„	10,0	11,0	10,5	10,0	9,5
9	„	1	„	11	12,5	12,5	12	11,5
10	„	4	„	14,14	14,0	13,75	13,37	13,25

An Metatarsus 1 fällt übrigens auch noch ein ganz bedeutender Querdurchmesser auf — er ist 1,5—2 Mal breiter als Metatarsus 2.

Die weitere Entwicklung der Metatarsalien zeigt hierauf erst wieder bei der Verknöcherung in den Epiphysen eine bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit.

Es mag hier zunächst an die allgemein bekannte Thatsache erinnert werden, dass die Metatarsen 2—5 nur in der distalen, Metatarsus 1 sowie sämmtliche Phalangen nur in der proximalen Epiphyse einen selbständigen Knochenkern entwickeln. Weniger bekannt, wenn auch in der einschlägigen Literatur mehrfach erwähnt ist die Thatsache, dass der Metatarsus Hallucis an seinem distalen Ende einen in Zusammenhang mit der Diaphyse stehenden Knochenkern erhält, eine Pseudoepiphyse, um einen von Pfitzner für ähnliche Bildungen gebrauchten Namen anzuwenden.

Ich habe aus dem Zeitraum, der in der Literatur für die Entwicklung der Epiphysenkerne angegeben wird, 51 Kinder untersucht, und zwar:

13	Kinder	aus	dem	2.	Jahre,
8	„	„	„	3.	„
9	„	„	„	4.	„
7	„	„	„	5.	„
4	„	„	„	6.	„
6	„	„	„	7.	„
4	„	„	„	8.	„
Summa 51.					

Die Hälfte des untersuchten Materials bestand aus Leichen, an denen die Befunde der Röntgographie, die oftmals unzureichend waren, eine Controle resp. Erweiterung durch Präparation erfuhren.

Keines der Kinder des 2. Jahres wies den gesuchten Kern im Köpfchen der Metatarsen 2—5 oder in der Basalepiphyse des Metatarsus 1 auf. Von den 8 Kindern des 3. Jahres zeigten nur 2 die Ossification eingeleitet (s. Fig. 8 p. 458 No. 244).

Im 4. Lebensjahre findet sich, von einer Grösse von 86 cm an, beinahe constant ein Ossificationspunkt in einer oder mehreren der obengenannten Epiphysen. Im 5. Jahre wird nur noch ausnahmsweise an einer oder den 2 oder 3 letzten Epiphysen der Knochenkern vermisst. Im 6. Jahre war nur noch einmal in Metatarsus 4 und 5 noch kein Epiphysenkern vorhanden. Vom 7. Jahr an waren stets alle Köpfchenepiphysen von 2—5 und die Basalepiphyse von 1 mit einem Knochenkern versehen[1].

Es erscheinen die Epiphysenkerne in der Reihenfolge 1—5 und zwar, wie aus Obigem ersichtlich, mit einer häufig erheblichen Verspätung von 4 und 5.

Als eigentliche Ossificationszeit der Epiphysen der Metatarsalia ist also, wenn man von Fällen ausnahmsweiser Verfrühung und Verspätung absieht, das Alter von 3 Jahren anzusehen[2].

Die Eingangs erwähnte Eigenthümlichkeit in der Epiphysenverknöcherung der Metatarsen und Phalangen legt vor allem die Frage nahe: ist zwischen den kernlosen und kernhaltigen Epiphysen ein principieller

[1] Es mag in der beigegebenen Tabelle auffallen, dass gerade die Objecte, welche an Leichen gewonnen sind, die Ossification häufiger vermissen lassen als diejenigen, welche von lebenden Kindern stammen, woraus der Schluss gezogen werden kann, dass möglicherweise bei dem durch Krankheit heruntergekommenen Organismus der ersteren auch die Ossification träger vor sich gegangen war, als bei den zumeist gesunden und kräftigen Kindern, die unter die Rubrik „lebend" fallen.

[2] Es sei hier erwähnt, dass Rambaud und Renault für die Basalepiphysen der Phalangen und auch des Metatarsus 1 eine Verknöcherung von 2 Punkten aus angeben. Eine solche konnte von mir in 3 Fällen für die Basalepiphyse constatirt werden (Fig. 24). Einmal fanden sich auch in einer Köpfchenepiphyse 2 isolirte zarte Kerne nebeneinander (s. Fig. 7).

Tabelle VIII.

Auftreten der knöchernen Epiphysen (|) und Pseudoepiphysen (+) der Metatarsalia im Alter von 2 Jahren bis 4 Jahren 9 Monaten.

Fortlaufende No.		Alter	Grösse in cm	I		II		III		IV		V	
				proximal	distal	proximal	distal	proximal	distal	proximal	distal	proximal	distal
175	Leiche ♂	2 J.	77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
230	„ ♀	2 „	75,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
185	„ ♀	2 „	76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
191	„ ♀	2 J. 1 M.	77,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
244	lebend ♀	2 „ 4 „	80,5	|	—	—	|	—	|	—	|	—	—
232	„ ♀	2 „ 4 „	76,5	||	—	—	—	—	—	—	—	—	—
180	Leiche ?	2 „ 6 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
187	„ ♂	2 „ 6 „	81	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
183	„ ?	?	88,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
172	„ ♂	?	85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
165	„ ♀	3 J.	84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
117	lebend ♂	3 J.	86	|	+	+	—	—	?	—	?	—	—
104	„ ♀	3 „ 1 „	88	|	—	—	|	—	|	—	|	—	—
233	„ ♂	3 „ 2 „	87	|	—	—	|	—	—	—	—	—	—
234	„ ♂	3 „	99	||	—	—	|	—	|	—	|?	—	|?
196	Leiche ♂	3 „ 7 „	92,5	|	+	—	—	+	—	—	—	—	—
112	lebend ♂	3 „ 9 „	93	||	—	+	—	—	—	—	—	—	—
98	„ ♂	4 „	94,5	|	—	—	|	—	|	—	?	—	|?
241	„ ♀	4 „ ?	99	|	—	—	|	—	|	—	|	—	|
97	„ ♂	4 „	102	|	—	—	|	—	|	—	|	—	|
Undeutl. Bild													
82	„ ♂	4 J. 6 M.	102	|	—	—	|	—	|?	—	|?	—	|?
200	Leiche ♀	4 „ 6 „	100	|	+	+	|	+	|	—	|	+	|
235	lebend ♀	4 „ 7 „	108	|	—	—	|	|	|	—	|	—	|
Undeutl. Bild													
115	„ ♂	4 „ 9 „	—	|	—	—	|	—	|	—	—?	—	|?

Unterschied oder nicht? Gegenbaur (22) hat die Frage in dem letzteren Sinne beantwortet und zwar einmal auf Grund von Beobachtungen an Säugethieren (Cetaceen), von welchen einige im knöchernen Aufbau von Metatarsen und Phalangen doppelte Epiphysenkerne aufweisen, dann mit Hinweis auf das von einigen Autoren am Menschen beobachtete Auftreten von Epiphysenkernen an beiden Enden dieser Skeletstücke, endlich unter Anführung der „rudimentären Epiphysenkerne", d. h. solcher, die in Verbindung mit der knöchernen Diaphyse sich entwickeln und somit einen Uebergang zu der kernlosen Epiphyse darstellen. Ich werde dieselben, indem ich einen Ausdruck Pfitzner's acceptire, als Pseudoepiphyse bezeichnen. Gegenbaur drückt seine Anschauung in dem Satze aus:

„Wir haben also auch für diese Knochen kein von vornherein von den langen Röhrenknochen verschiedenes Verhalten anzunehmen, sondern eine selbständige Verknöcherung der beiden Epiphysen."

Gegenbaur stützt sich dabei auf Allen Thomson (57a).

Aus der übrigen Literatur sind für diese Anschauung noch einige Angaben namhaft zu machen. So theilt W. Gruber (24) folgendes mit: Er fand in einem Falle am Fuss des Erwachsenen eine persistirende Epiphyse des Processus tuberositatis lateralis Metatarsi 5. In dieser Mittheilung weist er auch auf eine Angabe Cruveilhier's hin, der in einigen Fällen in den Mittelhandknochen 3 Knochenpunkte gefunden hatte, wobei sich die supernumerären Epiphysen viel früher mit den Diaphysen vereinigt hatten als die übrigen. Von den Metatarsen sei von diesem Autor nur der erste erwähnt worden. Ferner hat Lambertz (37) in 2 Fällen an Metacarpalien und Metatarsalien Epiphysenkerne an beiden Enden gesehen.

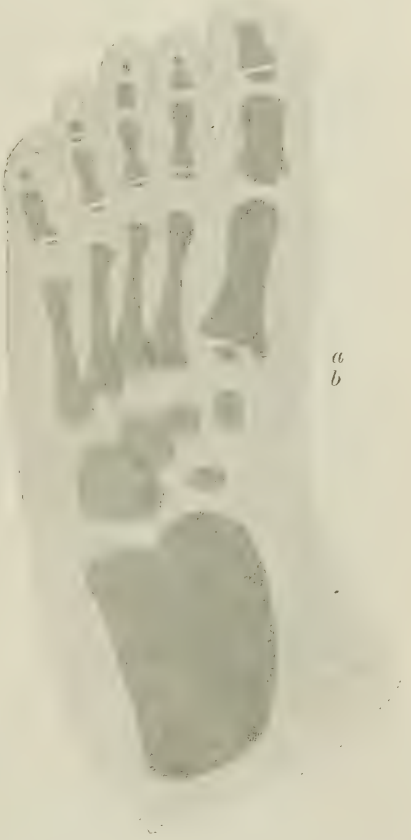


Fig. 24. 3 Jahre 9 Monate (No. 112). *a* 2 Kerne in der Basalepiphyse des Metat. 1. *b* Pseudoepiphyse an Metat. 2 Auf $^2/_3$ verkleinert.

Auch an die p. 474 erwähnte Thatsache, dass die Epiphyse des Metatarsus Hallucis von einem proximalen selbständigen und einem distalen mit der Diaphyse verbundenen Kern ossificiren können, mag hier erinnert werden. Uffelmann hat diese Erscheinung nach verschiedenen unrichtigen und unsicheren Beobachtungen älterer Anatomen, wie Béclard (8), Meckel (39), Hollstein, Henle, Schwegel (54), zuerst im Jahre 1863 richtig beschrieben.

Was die Auffassung Gegenbaur's im Speciellen anlangt, so sagt er folgendes: „Das Schwinden des Epiphysenkerns geht Hand in Hand mit dem Wachsthum der betreffenden Knochen." Weiter heisst es dann: „Die Stelle des Epiphysenkerns wird von der Diaphyse erreicht, bevor er zur selbständigen Ausbildung gelangt.

Wenn ich diesen Satz richtig verstehe, so scheint Gegenbaur damit die Ansicht auszusprechen, dass die Anlage eines selbständigen

Epiphysenkerns in Folge eines lebhafteren Wachsthums der Diaphyse ausbleibt.

Dies kann ich aber nach meinen histologischen Befunden, zu deren Schilderung ich nun übergehe, nicht wohl annehmen.

Bei diesen Untersuchungen ergab sich, dass die knorpligen Epiphysen, welche später einen Kern erhalten sollen, durch eine ganz charakteristische, schon makroskopisch wahrnehmbare Eigenthümlichkeit ausgezeichnet sind. Es findet sich an ihnen auf Längsschnitten, entsprechend der Abgrenzungslinie gegen die knöcherne Diaphyse, ein deutlicher, an den einzelnen Individuen verschieden breiter, oft bis 1 mm messender Streif, der sich durch seine Durchsichtigkeit und röthliche Tingirung vom übrigen Knorpel wesentlich unterscheidet. An jenen Epiphysen aber, die keinen Knochenkern erhalten, findet man die weisse, homogene Knorpelmasse bis hart an die Diaphysengrenze herantreten und für gewöhnlich keine Spur von dem oben beschriebenen Streifen. Nur ausnahmsweise (vielleicht bei rhachitischen Kindern) war auch hier der Streifen in ganz minimaler Form vorhanden.

Sucht man auf mikroskopischem Wege nach den Gründen dieser Verschiedenheit, so zeigt sich, dass jener Streifen aus einer breiten Zone des ausgesprochensten Säulenknorpels besteht, oft mit Reihen von 20 bis 30 dicht gedrängten Zellen (Fig. 25 auf Taf. XIII). Da, wo der Streifen fehlt (Epiphysen, die von der Diaphyse aus verknöchern), kommt dagegen die Formation des Säulenknorpels nur andeutungsweise zum Ausdruck (Fig. 26 auf Taf. XIII). Die Zellen sind hier grösser, in bedeutenden Zwischenräumen gelagert und meist nur in Zellhaufen von 5—10 zusammengeschichtet.

Aus diesen Beobachtungen scheint mir ohne weiteres hervorzugehen, dass bei dem erstgenannten Typus der Ossificationsvorgang ein viel lebhafterer ist. Das geschilderte Verhalten tritt an den Köpfchenepiphysen der Metatarsen 2—5, der Basalepiphyse des Halluxmetatarsus sowie sämmtlicher Phalangen auf. Diese Thatsachen harmoniren mit Befunden, zu denen Retterer (51) auf anderem Wege gelangt ist. Ausgehend von der Erscheinung, dass die Metacarpen bezw. Metatarsen, sowie die Phalangen genau in der Mitte der Diaphyse zu verknöchern beginnen, und dieser Punkt auch noch im späteren Wachsthum durch das Foramen nutritium markirt wird, stellte er an verschiedenen Entwicklungsstadien vergleichende Messungen des distal und proximal vor dem Foramen gelegenen Knochenstückes an Metacarpen bezw. Phalangen an. Dabei ergab sich, dass diese Theilstücke ein ungleiches Wachsthum erfahren, indem nämlich bei Metatarsen das distale, bei Phalangen das proximale Stück der Diaphyse intensiver wächst, also wie auch aus meinen Beobachtungen hervorging, immer auf der Seite jener Epiphysen, welche von einem selbständigen Knochenkern aus ossificirt werden.

Wenn auch meine histologischen Beobachtungen zeigen, dass die kernhaltigen und kernlosen Epiphysen durch die Intensität der Ossification sich scharf unterscheiden, so habe ich doch keine Veranlassung, eine scharfe Trennung dieser beiden Typen vorzunehmen, wie es Retterer thut auf Grund der Vascularisationsverhältnisse indem er die kernlosen Epiphysen, weil sie von der Diaphyse aus vascularisirt werden, den kernhaltigen, selbständig vascularisirten gegenüberstellt. Es weisen im Gegentheil gerade die feineren Vorgänge der Ossification darauf hin, dass Gegenbaur mit vollem Recht die Pseudoepiphysen als Zwischenform der kernhaltigen und kernlosen Epiphysen betrachtet.

Nach der beigegebenen Tabelle scheint diese Pseudoepiphyse des Metat. 1 nur inconstant aufzutreten; das rührt aber davon her, dass an dem untersuchten lebenden Material im Röntgogramm die betr. Verhältnisse nur unklar zu Tage treten.

An Leichen aber zeigte die nachträgliche Präparation, zumal auch an älteren Kindern, das Vorhandensein einer Pseudoepiphyse am Köpfchen des Metat. 1 stets sehr klar[1].

Dieses Vorhandensein einer Uebergangsform zwischen kernlosen und Kernepiphysen legt den Gedanken nahe, dass wir bei der Eintheilung in Epiphysen mit und ohne Kern keine principiellen, sondern nur graduelle Unterschiede vor uns haben, und dass wir darin eine entwicklungsgeschichtliche Unterlage für die von Gegenbaur vertretene Meinung erblicken müssen, dass man „im Princip wohl für alle Röhrenknochen des Fusses (ausschliesslich der Endphalange) eine eigene Ossification für beide Epiphysen annehmen dürfe".

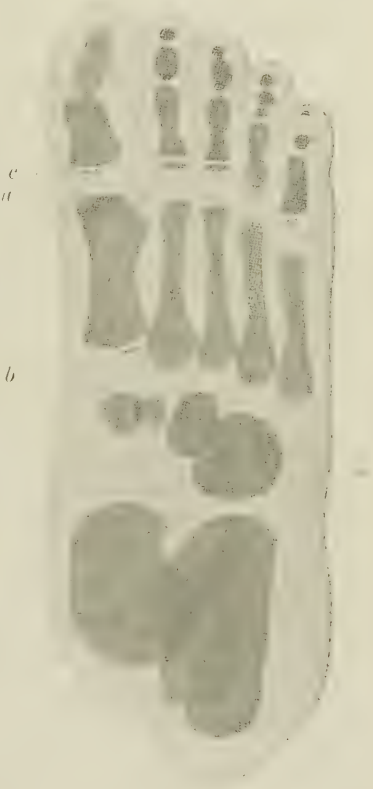


Fig. 28. 3 Jahre 7 Monate (No. 196). Ossif. im Naviculare fehlt noch. *a* Pseudoepiphyse an Metat. 1 (Köpfchen). *b* Andeutung einer Pseudoepiphyse an Metat. 3. *c* 2 kleine Epiphysenkerne in Grundphal. 1. Keine Knorpelverschmelzung zwischen Mittel- und Endphalanx 5. An letzterer kleinerer, an ersterer grösserer Diaphysenkern. Auf $^2/_3$ verkleinert.

Solche Uebergänge sind mir denn auch thatsächlich bei Untersuchung des Metatarsus Hallucis aufgefallen.

[1] Selbständige Epiphysenkerne aber wurden weder am Köpfchen des Metatarsus 1, noch an den Basen der übrigen Metatarsalia beobachtet, im Gegensatz zu Schwegel's p. 471 citirten Angaben.

Wir haben hier zwar, wie bei der kernhaltigen Epiphyse, eine solche Knorpelzone, aber diese ist viel schwächer entwickelt als dort, so dass hier gewissermaassen ein Zwischentypus zwischen jenen beiden Extremen vorliegt (Fig. 27 auf Taf. XIII). Die Vascularisation verhält sich so, wie bei den kernlosen Epiphysen, d. h. es findet eine lebhafte Gefässbildung von der Diaphyse aus statt. Wir können dieses Bild geradezu als einen 3. Typus bezeichnen, umsomehr, als gerade die Köpfchenepiphyse des 1. Metatarsus auch auf jene ganz besondere Art verknöchert, die wir oben als Pseudoepiphyse oder mit Gegenbaur's Ausdruck als rudimentäre Epiphyse beschrieben.

Wenn auch nicht so klar und regelmässig, wie an der Köpfchenepiphyse des Metatarsus 1, fand sich, wie aus Tabelle VIII hervorgeht, an der Basalepiphyse des Metatarsus 2 oder 3 zuweilen die Andeutung von Pseudoepiphysen (s. Fig. 28).

Mit dem Nachweise des Fehlens principieller Unterschiede zwischen kernhaltigen und kernlosen Epiphysen wird natürlich auch ein Hauptmoment hinfällig, auf Grund dessen der Metatarsus Hallucis für eine Phalange erklärt wurde.

In Lehrbüchern (z. B. Testut 58), sowie Specialarbeiten (z. B. v. Ranke 49) wird nämlich auf Grund der Thatsache, dass sich Metatarsus 1 und Metacarpus 1 in seiner Epiphysenverknöcherung wie eine Phalange verhält, geschlossen, dass dieses Knochenstück unter die Phalangen zu rechnen sei; dabei vergessen aber diese Autoren die Pseudoepiphyse, die uns mit eben demselben Recht den Knochen unter die Metatarsen zu rechnen gestattet. Ganz abgesehen davon sind noch mancherlei andere und beweisende Momente für letztere Ansicht beigebracht worden (s. Welcker 62, dessen Arbeit die ganze über den Gegenstand vorhandene Literatur umfasst).

C. Phalangen.

1. Grundphalange, Phalanx I.

Literatur.

Kerckring (33) beobachtet im vierten Fötalmonat Ossificationspunkte in allen Phalangen mit Ausnahme der mittleren.

Albinus (1) sieht beim reifen Fötus alle Phalangen ausser Endphalanx V verknöchert. Als Erster erwähnt er auch, dass die Phalangen nur proximale Epiphysenkerne haben.

Nach Nesbitt (23) tritt die Verknöcherung vor dem 3., nach Meckel (39) im 4. Fötalmonat, nach Béclard (8) nach dem 50. Tag auf. Letzterer Autor erwähnt auch das Auftreten der Epiphysenkerne wieder, welches er ins 3. Jahr verlegt. Zuerst soll ein solcher in Grundphalanx 1, dann in 2 erscheinen. Eine Verschmelzung soll nach ihm im 18. Jahre erfolgen.

Nikolai (41) lässt die Diaphyse der Grundphalangen im 4. Monat, Cruveilhier (15) zwischen dem 50. und 60. Tag ossificiren, ihre Epiphysen mit 6—7 Jahren.

Schwegel (54) giebt an: die Ossification der Phalanx I fällt zwischen den 4. und 5. Monat, die der Epiphysen, die nach ihm, wie es scheint, proximale und distale Knochenkerne haben, im 2.—8. Jahr. Die Verschmelzung der oberen Epiphysen soll im 16.—24., die der unteren im 14.—20. Jahre stattfinden.

Rambaud et Renault's (47) Daten lauten: Verknöcherung der Grundphalangen am 45. Tag des Fötallebens in der Grössenfolge 1—5, die der Basalepiphysen, aus je 2 Ossificationspunkten bestehend, im 6. Jahre.

Nach Sappey (52) erscheint der Hauptkern mit 3—3½ Monaten der Schwangerschaft, der Nebenkern in der Basalepiphyse zwischen 3½ und 4 Jahren; derselbe verschmilzt zwischen 16—17 Jahren.

Aus Gegenbaur's (22) Angaben ist zu entnehmen, dass die zuerst auftretenden Phalangen die Grundphalangen sind, die im 4. Monat ossificiren; ihre Epiphysenkerne erscheinen in den ersten Lebensjahren und verschmelzen zur Zeit der Pubertät. Auch hier werden doppelte Epiphysen als möglich bezeichnet. Nach Toldt (38, 59, 95) tritt die Verknöcherung der Diaphysen von Phalanx I „Ende des 4. und 1. Hälfte des 5. Monats, nach Rauber (49) in der 9.—10. Woche, nach Kölliker (34) im 4., nach Schultze (53) um die Mitte des 3. Monats auf". Von letzterem wird das Auftreten des Nebenkerns im 8. und 10. Jahre, dessen Verschmelzung zwischen 19 und 21 Jahren notirt.

Lambertz (37) sah das Auftreten der Hauptknochenkerne in der Phalanx I nach der Reihenfolge der Zehen 1—5 in der 14. Woche. Bade (3) dasselbe in der 16. Woche der Gravidität, nach Hertwig's (30) Entwicklungsgeschichte findet es in der Zeit von der 9. Woche an statt.

Wie ersichtlich, schwanken hier die Angaben auch moderner Autoren zwischen der 7. und 16. Woche für die Ossification in den Grundphalangen, einem Process, der nach meinen Beobachtungen wohl schwerlich einer grösseren Variationsbreite als etwa 3 Wochen unterworfen sein kann.

Eigene Beobachtungen.

Diaphysen. Ich beobachtete nie vor der 11. bis 12. Woche Ossification in den Grundphalangen. Von der Mitte des 4. Monats, also ungefähr von der 15. Woche an, ist sie stets bereits vorhanden, so dass ich in diesem Punkte mit Lambertz (37) übereinstimme, in der Annahme, dass mit 14 Wochen sämmtliche Grundphalangen im Durchschnitt bereits einen Knochenkern besitzen. In der Grundphalanx einzelner Zehen jedoch kann man schon von der 12. Woche an eine Verknöcherung beobachten (Tabelle IXa). Was die Reihenfolge des Auftretens der Knochendiaphysen in den Grundphalangen anlangt, so weisen meine mikroskopischen und makroskopischen Beobachtungen darauf hin, dass meist am Beginn der Ossification die Grundphalanx des Hallux noch hinter denen der übrigen Zehen zurücksteht (s. Fig. 21, 22, S. 472). Allerdings überholt sie durch rasches Wachsthum alsbald die übrigen Grundphalangen. Nur in einem Falle sah ich die Grundphalanx der ersten Zehe als erste verknöchern. Das weitere Wachsthum der Grundphalangen giebt annähernd die beigegebene Tabelle IXb, in welcher die Resultate der Messungen niedergelegt sind.

Tabelle IX a.

Grundphalanx. Auftreten der Diaphysenkerne in den Grundphalangen.

Laufende Nummer	Altersbestimmung der Föten: Grösse der Föten in cm	Gewicht in g	Kopfumfang in cm	Alter	Ossification in der Zehe: 1.	2.	3.	4.	5.	Bemerkungen
2	9	23	—	12. Woche		—	—	—	—	Dünne Periostlamelle in Bildung.
6	9	23	—	12. „	—					Dünne Periostlamelle, bei der 5. Zehe nur angedeutet, nur mikr. sichtbar.
17	10	20,5	7,5	4. Mon. Anf.			—	—	—	
27	12,5	35	10	4. „ „			—	—	—	
5	14	56	10,5	4. „ Mitte						
7	14,5	94	12	4. „ „						Dünne Periostlamelle, bei der 5. Zehe nur angedeutet.
12	14,5	68	14,5	4. „ „						
28	14,5	68	11	4. „ „						
14	16,5	100	12	4. „ Ende						
26	17,5	99	12	4. „ „						

Von den Objecten dieser Tabelle wurden nur No. 17, 12, 28, 26 nicht präparatorisch nachgeprüft, die jüngeren Stadien mikroskopisch controlirt. Dabei ergab sich, dass die Röntgenbilder die feineren Ossificationsherde ungenügend gezeigt hatten. Vergl. die Röntgenbilder Fig. 21, 20, 19.

Tabelle IX b.

Durchschnittsgrössen der Grundphalangen in Millimeter.

	An der Zehe: 1.	2.	3.	4.	5.
im 4. Monat	0,7	0,9	0,9	0,6	0,5
5. „	1,6	1,7	1,7	1,3	0,9
6. „	3,0	3,3	2,5	2,2	2,1
7. „	3,2	3,5	2,7	2,5	2,2
8. „	4,0	4,5	3,5	3,0	3,0
9. „	5,0	4,5	4,5	4,2	4,0
10. „	6,2	6,1	5,4	5,0	5,0

Epiphysen. Schon vom 6. Monat nach der Geburt an beobachten wir sehr häufig in der Basalepiphyse eine Veränderung des Knorpels, meist gegen die plantare Seite zu gelegen. Wir sehen, dass von dieser

Seite her Gefässe in den Epiphysenknorpel eindringen und dieser durchsichtig wird, wie das eben vor Beginn der Ossification stets der Fall ist. Eine besonders frühzeitige Verknöcherung fand ich von 16 einjährigen Kindern einmal an einem 1 Jahr 5 Monate alten, 68 cm grossen Kind (No. 35, Tabelle X).

Tabelle X.

Ossification der proximalen Epiphysen in den Grundphalangen.

Fortlaufende No.		Alter	Grösse in cm	I	II	III	IV	V	Bemerkungen
									Unter 16 Kindern im Alter von 1—2 Jahren zeigte ein 1 Jahr 5 Monate altes, 68 cm grosses Kind einen Knochenkern in Grundphalanx 2, die übrigen häufig Knorpelveränderung in den proximalen Epiphysen No. 35.
175	Leiche	2 J.	77	—	—	—	—	—	Vascularisation auf der plantaren Seite der proximalen Epiphyse.
230	„	2 „	75,5	—	|	|	|	—	Grössenfolge 3, 2 = 4,
185	„	2 „	76	—	—	—	—	—	
191	„	2 J. 1 M.	77,5	—	—	—	—	—	Vascularisation.
232	lebend	2 „ 4 „	76,5	|	|	|	|	|	Kern 1 ist noch sehr klein.
244	„	2 „ 4 „	80,5	|	|	|	|	|	
187	Leiche	2 „ 6 „	81	—	—	—	—	—	Knorpelveränderungen auf der plantaren Seite.
180	„	2 „ 6 „	—	—	—	—	—	—	Knorpelveränderungen auf der plantaren Seite.
183	„	?	88	—	—	|	|	—	
172	„	?	85	—	|	—	—	—	Knorpelveränderung in d. 5. Zehe.
165	„	3 J.	84	—	|	|	|	|	Grössenfolge 3, 4, 2, 5.
117	lebend	3 „	86	|	|	|	|	|	Epiphyse 1 besteht wahrscheinlich aus mehreren Punkten.
104	„	3 J. 1 M.	88	|	|	|	|	|	
233	„	3 „ 2 „	87	|	|	|	|	|	
234	„	3 „ 7 „	99	|	|	|	|	|	
196	Leiche	3 „ 7 „	92,5	|	|	|	|	|	
112	lebend	3 „ 9 „	93	|	|	|	|	|	
									Vom 5. Jahre an sind stets proximale knöcherne Epiphysen vorhanden.

Im folgenden, dem 3. Lebensjahre, fand ich unter 8 Kindern drei Mal, vom Ende des dritten Jahres an aber stets Ossification in den Epiphysenknorpeln und zwar bald zuerst an der zweiten, bald an der dritten Zehe.

Eine Ossification von zwei Punkten, wie Rambaud et Renault (47) angeben, fand ich nur an der Basalepiphyse der Grundphalanx I einige Male.

In Bezug auf die distalen Epiphysen ergab sich bei Untersuchung auf Knochenkerne stets negatives Resultat; die anfangs noch knorpligen Epiphysen werden in sehr regelmässiger Weise von der sich gegen die Epiphyse hin convex vorwölbenden Diaphyse langsam ausgefüllt.

Die Unterschiede zwischen kernlosen und Kernepiphysen sind auch hier wie in der bei den Metatarsalien beschriebenen Weise ausgeprägt (s. S. 478).

2. Mittelphalange. Phalanx II.

Literatur.

Kerckring (33) sagt über die Verknöcherungszeit der Mittelphalanx: Diejenige der zweiten Zehe erscheint im 5. Monat, die der dritten und vierten Zehe im 7. und 8. Monat, die der kleinen Zehe erst im 9. Monat des Fötallebens.

Albinus (1) findet beim Neugeborenen nur die Mittelphalanx der fünften Zehe noch knorplig.

Nesbitt (23) lässt sämmtliche Mittelphalangen mit der Grundphalanx zugleich in dem 3. Monat oder etwas früher, Meckel (39) nach dem 5. Monat erscheinen. Nach Béclard (8) verknöchern sie in der zweiten, dritten, vierten Zehe zur Zeit der Mitte der Schwangerschaft, in der kleinen Zehe im ersten Jahre nach der Geburt. Die Basalepiphysen sollen im 6. Lebensjahre den Nebenkern erhalten, der im 17. Jahre verschmilzt.

Nikolai (41) giebt an: Zehe 2 und 3 bekommen in der Mittelphalanx im 6. Monat, Zehe 4 und 5 im 7. Monat des fötalen Lebens einen Diaphysenkern.

Cruveilhier (15) giebt folgende Daten: Ossification der Diaphysen im 2.—3. Fötalmonat, der Epiphysen im 6.—7. Lebensjahre.

Schwegel (54) erwähnt als Ossificationszeit der Diaphysen: „zwischen 5 Monaten fötal und $^1/_2$ Jahr“, für die Epiphysen[1] das 2.—8. Jahr, deren Verschmelzung nach ihm zwischen dem 16. und 24. Jahr erfolgt.

Rambaud und Renault (47) geben für die Grund- sowie für die Mittelphalangen als Ossificationszeit den 45. Tag des Embryonallebens an.

Sappey's (52) Ansicht über diesen Punkt ist, dass der Hauptkern mit 3—$3^1/_2$ Monaten des fötalen Lebens erscheint, $^5/_6$ des Skeletstücks verknöchert, dass die basale Epiphyse zwischen $3^1/_2$ und 4 Jahren ihre Ossification erhält und mit 15—16 Jahren mit der Diaphyse verschmilzt.

Er weist auf die Verwachsungstendenz von Mittel- und Endphalangen hin.

Rauber (49) setzt für die Mittelphalangen dieselben Zeiten ein wie für Phalanx I.

Nach Lambertz (37) (Röntgenstrahlenuntersuchung) ist die 2. und 3. Mittelphalanx im 6. Monat ossificirt, die 4. oft und die 5. stets beim Neugeborenen noch knorplig.

Bade (3) (Röntgenstrahlenuntersuchung) findet die Diaphysen dieser Phalangen zwischen dem 5. Monat und der Geburt ossificirend.

Ueber die Epiphysen äussert sich der Verfasser folgendermaassen: „.... Auf noch älteren Bildern (nach $4^1/_2$ Jahren) sieht man bisweilen vor[2] den Mittelgliedern der 2. und 3. Zehe Epiphysenscheiben, die wieder an anderen Bildern nicht zu sehen sind. Am einfachsten ist es, anzunehmen, dass, wie an der Hand, auch am Fusse an den proximalen Enden eines jeden Zehengliedes Epiphysenscheiben auftreten können, von denen aber nicht alle ausgebildet zu sein brauchen.“ (!)

Toldt's (38) Lehrbuch stellt für die Verknöcherung der Diaphysen die Angabe auf: „Nicht vor dem 8. Monat“, für die Epiphyse: „in der zweiten Hälfte des 3. Jahres“.

Hertwig (30) lässt erstere „von der 9. Woche ab“, letztere im 3. Jahre ossificiren.

[1] Proximale und distale.

[2] „Vor“ soll hier offenbar proximal bedeuten.

Eigene Beobachtungen.

Diaphyse. Die Angaben mehrerer Autoren, dass die Diaphysenkerne der Mittelphalangen am 45. Tag oder zugleich mit denen der Grundphalangen auftreten, können nur auf einer ganz oberflächlichen Beobachtung beruhen, denn auch bei einer flüchtigeren Untersuchung fällt gerade an den Mittelphalangen vor allem eine ausserordentliche Verspätung der Ossification auf, im Gegensatz zu den Grundphalangen und Metatarsen, sowie den Endphalangen. Dazu kommt noch als bemerkenswerthe zweite Erscheinung eine grosse Differenz in dem zeitlichen Auftreten der Ossification, sowohl zwischen den verschiedenen Zehen als auch innerhalb ein und derselben Zehe (4. und namentlich 5. Zehe; Tabelle XI).

Diese Thatsache wird aus der beigegebenen Tabelle ersichtlich.

Tabelle XI.

Ossification in den Diaphysen der Mittelphalanx zwischen dem 4. Fötalmonat und dem 4. Jahr inclusive.

Alter fötal	Zahl der untersuchten Objecte	In diesen waren ossificirt folgende Mittelphalangen				Bemerkungen
		der 2. Zehe	der 3. Zehe	der 4. Zehe	der 5. Zehe	
4. Monat	8	1 Mal	0 Mal	0 Mal	0 Mal	
5. „	10	4 „	2 „	1 „	0 „	
6. „	8	7 „	5 „	3 „	0 „	
7. „	12	12 „	9 „	6 „	1 „	
8. „	17	16 „	13 „	11 „	3 „	
9. „	19	19 „	19 „	15 „	2 „	
10. „	18	18 „	18 „	13 „	9 „	
	92	77 Mal	66 Mal	49 Mal	15 Mal	
Post partum						
1. Monat	9	9 Mal	9 Mal	9 Mal	2 Mal	
2. „	4	4 „	4 „	3 „	1 „	
3. „	3	3 „	3 „	2 „	0 „	
4. „	4	4 „	4 „	3 „	1 „	
5. „	3	3 „	3 „	2 „	0 „	
6. „	2	2 „	2 „	2 „	0 „	
7. „	11	11 „	11 „	10 „	9 „	
8. „	4	4 „	4 „	4 „	0 „	
9. „	1	1 „	1 „	1 „	0 „	
10. „	2	2 „	2 „	2 „	2 „	
1 Jahr	43	43 Mal	43 Mal	38 Mal	15 Mal	
bis 1½ Jahr	9	9 Mal	9 Mal	9 Mal	6 Mal	
„ 2 Jahr	5	5 „	5 „	5 „	3 „	
„ 3 „	6	6 „	6 „	6 „	4 „	
„ 4 „	5	5 „	5 „	5 „	5 „	
1—4 Jahr	25	25 Mal	25 Mal	25 Mal	17 Mal	

Während die Mittelphalanx der 2. und, nur wenig nach dieser, die der 3. Zehe im 4.—5. Monat mit der Ossification beginnt, aber erst vom 6. Monat an meist und nur vom 9. Monat an stets verknöchert gefunden wird, weist die der 4. Zehe eine Schwankungsbreite vom 6. fötalen bis zum 6. postfötalen Monat auf. Für die 5. Zehe hingegen findet sich eine viel grössere, ganz enorme Variationsbreite in der Zeit des Auftretens. Ich konnte an der 5. Zehe von 92 Föten und Neugeborenen nur 15 Mal Ossification feststellen, auch im 1. und 2. Lebensjahre fehlte sie noch häufig, selbst im 3. Jahre noch vereinzelte Male (s. Tabelle XI und XIV).

Aber nicht nur durch das verspätete Auftreten des Diaphysenkerns nimmt die Phalanx II am Fusse eine besondere Stellung unter den Röhrenknochen ein, sondern auch durch die eigenthümliche Ossificationsweise desselben.

Es finden sich nämlich verschiedene Formen der Ossification in den Mittelphalangen, die in grosser Mannigfaltigkeit alle Uebergangsstufen zwischen der echten periostal-enchondralen Röhrenknochenossification und der rein enchondralen der kurzen Knochen darbieten. Wenn wir versuchen, sie unter eine Eintheilung zu bringen, können wir vielleicht am besten 3 Gruppen aufstellen:

1. Von einer dorsalen Anlage aus bildet sich zumeist eine periostale Knochenlamelle um den ganzen Schaft des Skeletstücks herum, woran sich die enchondrale Verknöcherung anschliesst, — ein Verhalten, das sich mit der allgemein gültigen Anschauung von der Ossification der Röhrenknochen vollkommen deckt. Dieser Typus findet sich an der 2. Zehe, bei einem Theil der Füsse auch an der 3., ausnahmsweise an der 4. Zehe.

2. Von der periostalen Schale ist nur die dorsale Anlage geblieben, von welcher dann ein Zapfen enchondraler Ossification in die Tiefe des Knorpels eindringt, in manchen Fällen bis an die untere Fläche gelangend.

Diese Form ist charakteristisch für die Mittelphalanx der 4. Zehe, wo sie meistens auftritt. Aber auch an der 3. ist sie in einem Theil der Fälle zu beobachten.

3. Die dritte Form ist rein enchondrale Ossification ohne nachweisbare Bildung von Periostknochen. Das Skeletstück verknöchert wie ein kurzer Knochen, eine Form, in der fast stets die 5., in einigen Fällen auch die 4. Mittelphalanx ossificirt.

Es soll die Bedeutung dieser Thatsachen weiter unten in Verbindung mit der Epiphysenbildung näher gewürdigt werden.

Ausserhalb dieser drei Gruppen stehen noch einige Formen, die ich gelegentlich beobachtete und die einen ganz atypischen Ossificationsverlauf zeigten (Fig. 29). Gerade diese Erscheinung beweist besonders, dass die Ossification der Mittelphalanx nicht nur in ihrem zeitlichen Auf-

treten, sondern auch in ihrem histologischen Verhalten eine grosse Inconstanz aufweist.

Ganz analog den Thatsachen an den Diaphysen zeigen ferner die Epiphysen eine Stufenleiter von der vollkommen entwickelten Epiphyse bis zu vollkommenem Fehlen derselben, wobei als Mittelglied in allen Abstufungen die Pseudoepiphyse figurirt. In der Mittelphalanx der 2. Zehe finden wir fast stets eine gut ausgebildete Epiphyse. Dann folgt die der 3. Zehe, aber hier schon weniger constant vorkommend. Hier ist schon das Vorhandensein einer Pseudoepiphyse etwas nicht Seltenes. In der 4. Zehe überwiegt die Existenz der Pseudoepiphyse über die typische Epiphysenbildung, während in dem Mittelglied der 5. Zehe fast nie mehr auch nur die Andeutung der Pseudoepiphyse vorkommt, geschweige denn ein selbständiger Epiphysenkern. Ein einziges Mal nur unter 54 Kindern vom 2.—10. Jahre habe ich eine Pseudoepiphyse dortselbst beobachten können (s. Fig. 16, Fuss No. 200, S. 467).

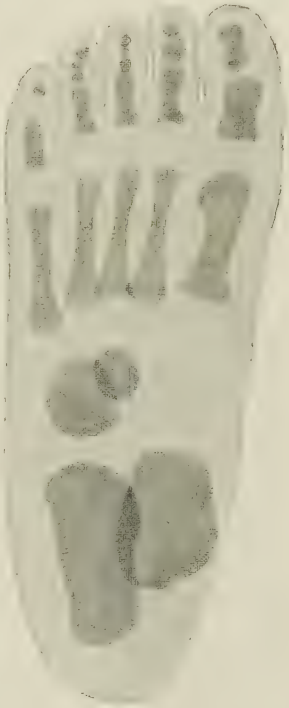


Fig. 29. 2 Jahre 6 Monate (No. 187). Eigenartige Form der Diaphysen-Verknöcherung in Mittelphalanx 3 u. 4. Knorpelige Verschmelzung von Mittel- und Endphalanx 5. In letzterer grosser Kern. In der Mittelphalanx fehlt die Ossification. Naviculare und Cuneiformia sind noch nicht ossificirt. Andeutung einer Pseudoepiphyse im Köpfchen des Metatarsus 1. Auf $^2/_3$ verkleinert.

Die Zeit für die Epiphysenkernbildung fällt in der Mehrzahl der Fälle in das 3. Jahr, aber auch an einem Kind mit 3 Jahren und 2 Monaten und sogar an einem solchen mit 7 Jahren 4 Monaten[1] war der Epiphysenkern noch zu vermissen. Also auch der Epiphysenkern zeigt in Bezug auf das zeitliche Erscheinen eine grössere Inconstanz als die übrigen Röhrenknochen des Fusses. Die Pseudoepiphysenbildung konnte etwas früher als die Epiphysenbildung, nämlich im Anfang des 2. Jahres, beobachtet werden (Tabelle XII).

Wenn wir nun diese Verhältnisse der Diaphysen- und Epiphysenverknöcherung der Mittelphalangen zusammenfassen, so lässt sich zwischen beiden Processen immer ein gewisser Zusammenhang feststellen in dem Sinne, dass bei einer nach Art von Röhrenknochen ossificirten

[1] No. 37, ein sowohl in Bezug auf die Ossification als auch auf die allgemeinen Dimensionen so zurückgebliebenes Kind (das Füsschen ist nur 13,6 cm lang, wie bei einem dreijährigen Kind), so dass fast an eine Verwechslung oder falsche Altersangabe gedacht werden muss.

Tabelle XII.

Verknöcherungszeiten der Epiphysen (|) und Pseudoepiphysen (+) an den Mittelphalangen.

Fortlaufende Nummer		Alter	Grösse cm	II.	III.	IV.	V.	Bemerkungen
197	Leiche	1 J.	65,5	—	—	—	—	
119	lebend	1 „	68	—	—	—	—	
174	Leiche	1 „	68	—	—	—	—	
199	„	1 „	70	—	—	—	—	
40	„	1 „	73	—	—	—	—	
138	„	1 „	87	—	+	—	—	
113	lebend	1 J. ½ M.	66	—	+	—	—	
173	Leiche	1 J. 2 M.	73	—	—	—	—	
192	„	1 „ 3 „	66	—	—	—	—	
137	„	1 „ 3 „	89	+	—	—	—	
35	„	1 „ 5 „	68	—	—	—	—	
106	lebend	1 „ 8 „	72	—	—	—	—	
142	Leiche	1 „ 9 „	70	—	+	—	—	Eine prox. und eine dist. Pseudoepiphyse.
36	„	1 „ 9 „	—	—	—	—	—	
230	„	2 J.	75,5	|	+	+	—	
185	„	2 „	76	—	—	—	—	
175	„	2 „	77	—	—	—	—	
191	„	2 J. 1 M.	77,5	|	|	+	—	
232	lebend	2 „ 4 „	76,5	|	+	—	—	
244	„	2 „ 4 „	80,5	|	|	|	—	
187	Leiche	2 „ 6 „	81	—	—	|	—	Periostknochenschale um die knorpel. Diaphyse. In beiden Epiph. kleine Knochenkerne. Knorpelveränd. in den prox. Epiphysen.
180	„	2 „ 6 „	?	—	—	—	—	
172	„	?	85	—	—	—	—	
183	„	?	88	|	+	+	—	
165	„	3 J.	84	—	|	—	—	
117	lebend	3 J.	86	|	+?	—	—	
104	„	3 J. 1 M.	88	|	|	+	—	
233	„	3 „ 2 „	87	—	—	—	—	Undeutliches Röntgenbild.
234	„	3 „ 7 „	99	|	|	—	—	
196	Leiche	3 „ 7 „	92,5	|	|	|	—	
112	lebend	3 „ 9 „	93	|?	|?	|	—	
98	„	4 J.	94,5	|	—	—	—	
241	„	4 „ ?	99,5	|	+	—	-	
97	„	4 „	102	—	—	—	—	„ „
82	„	4 J. 6 M.	102	|	—	—	—	„ „
200	Leiche	4 „ 6 „	100	|	|	|	+	
235	lebend	4 „ 7 „	108	|	|?	—	—	
115	„	4 „ 9 „	—	|?	|?	—	—	„

Von dieser Altersstufe ab sind die Epiphysen, wo sie überhaupt angelegt werden, stets gebildet.

Diaphyse meist auch ein wohlentwickelter, selbständiger Epiphysenkern auftritt, dass andererseits bei rein enchondraler Diaphysenverknöcherung eine Epiphysen- oder selbst Pseudoepiphysenbildung fehlt, und dass auch die zwischen beiden Extremen liegenden Abstufungen immer an Diaphyse und Epiphyse einander entsprechen.

Diese Vereinfachung der Entwicklung lässt sich kaum anders deuten als im Sinne eines Rückbildungsvorganges, der sich in der Reihe der Mittelphalangen gegenwärtig abspielt. Während die Mittelphalanx der 2. Zehe die Verhältnisse des Röhrenknochens in seiner Entwicklung ziemlich rein zeigt, sind diese in der 3. Zehe schon häufig und in der 4. Zehe fast stets stark verwischt.

An das Ende der Reihe wäre dann die Mittelphalanx der 5. Zehe zu stellen, die alle Charakteristica der Röhrenknochenossification bereits aufgegeben hat und wie ein kurzer Knochen ossificirt.

Die Gesetzmässigkeit, die diesen Rückbildungsvorgang beherrscht, kommt besonders klar zum Ausdruck, wenn man die Abstufungen berücksichtigt, die er bei den Zehen der einzelnen Individuen aufweist. So verschieden weit auch die Rückbildung bei den einzelnen Individuen gediehen war, immer liess sie doch erkennen, dass sie innerhalb des ganzen Fusses die gleiche Richtung einschlägt, nämlich von der 5. Zehe zur 2. Zehe. Zur Erläuterung mögen folgende zwei extreme Fälle kurz geschildert werden.

Der eine derselben ist der S. 487 bereits erwähnte Fuss (No. 200, s. Fig. 16, S. 467), der als einziger unter 54 Fällen eine Pseudoepiphyse an der Mittelphalanx der 5. Zehe aufwies. Hier war auch die Diaphysenverknöcherung noch der eines Röhrenknochens einigermaassen ähnlich, indem sie mit der S. 486 als Typus 2 beschriebenen dorsalen Periostplatte einsetzte. Hier wiesen, im Einklang mit dieser nur mehr selten vorkommenden Verknöcherungsweise der 5. Zehe, auch die 4., 3. und 2. Zehe an der Mittelphalanx selbständige Epiphysenkerne auf; auch die Diaphysen waren nach dem Typus der Röhrenknochen ossificirt. Es stellt dieser Fall also gewissermaassen den Anfangspunkt dieser Rückbildungsreihe, einen verhältnissmässig ursprünglichen Zustand, dar.

Das andere Extrem, das man wohl als den gegenwärtigen Endpunkt dieser Rückbildung betrachten darf, finden wir in Fuss No. 230 (Fig. 30). Hier weist Mittelphalanx V eine rein enchondrale Verknöcherung der Diaphyse und ein Fehlen jeder Epiphysen- oder Pseudoepiphysenanlage auf. In der Mittelphalanx der Zehe 4, auch der Zehe 3, herrscht der zweite Typus der Diaphysenverknöcherung und Pseudoepiphysenbildung. Endlich zeigt Zehe 2 reine Röhrenknochenossification und einen selbständigen Epiphysenkern.

Zwischen diesen Extremen finden sich Zwischenformen mit weniger

klar in die Augen springenden Verhältnissen, durch alle aber macht sich der Zug bemerkbar, dass die 5. Zehe immer schon am weitesten reducirt ist, dass also diese Rückbildung, von der kleinen Zehe ausgehend, zum inneren Fussrande vorschreitet.

Aber noch eine weitere Erscheinung beobachtet man an der Mittelphalanx. Pfitzner hat schon im Jahre 1890 in seiner Arbeit über die „kleine Zehe“ nachgewiesen, dass die beim Erwachsenen häufig vorkommende Verschmelzung zwischen Mittel- und Endglied der 5. Zehe nicht, wie früher angenommen, etwa die Folge des Schuhdrucks sei, sondern dass dieselbe bereits im knorpligen Zustand des embryonalen Fusses vorhanden ist. Pfitzner hat auch den Ossificationsvorgang an der 5. Zehe verfolgt. Seine Beobachtungen führten ihn damals zu dem Schlusse, es handle sich um einen phylogenetischen Process, der auf völligen Schwund der fibularen Strahlen, zur 2. Zehe hin fortschreitend, abziele. In einer späteren Abhandlung vom Jahre 1896 behandelt Pfitzner eingehend an einem grossen Material von Fussskeletten (779 Füsse) das Verhältniss zwischen Mittel- und Endphalangen an Erwachsenen und kommt zu dem Schlusse, dass eine Assimilation der Mittelphalanx durch das Endglied stattfinde.

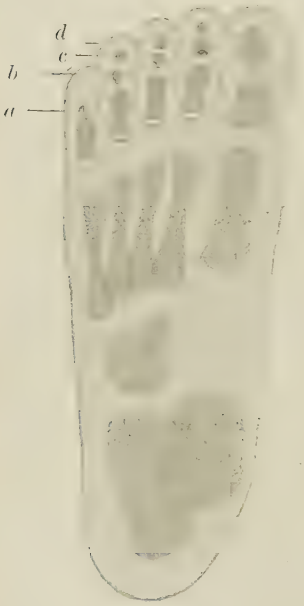


Fig. 30. 2 Jahre (No. 230). *a* Mittelphal. 5 ohne Epiphyse. *b* Mittelphal. 4 mit Pseudoepiphyse. *c* Mittelphal. 3 mit Pseudoepiphyse. *d* Mittelphal. 2 mit Epiphyse. Fall von Knorpelverschmelzung zwischen Mittel- und Endphalanx 5. Auf $^2/_3$ verkl.

Aber in Bezug auf das zu erwartende Endresultat des Processes vertritt er jetzt eine seiner früheren Ansicht entgegengesetzte Hypothese, indem er annimmt: es handle sich um eine progressive Entwicklung des 5. Strahls, eine Verstärkung der Randstrahlen und eine Rückbildung der mittleren. Die von ihm beobachteten Thatsachen weisen jedenfalls auf einen Rückbildungsprocess der Mittelphalanx hin, also auf den gleichen Vorgang, den man auch auf Grund der von mir geschilderten Eigenthümlichkeiten des Ossificationsprocesses annehmen muss.

Pfitzner hat in seiner zuletzt erwähnten Arbeit die Häufigkeit der Verschmelzung der Mittelphalanx der 5. Zehe mit der Endphalanx aus 799 Fällen auf 37,2 % an Erwachsenen berechnet, eine Zahl, welche gegen die im Jahre 1890 gegebene von 36 % (aus 111 Fällen) nur wenig abweicht.

Als ich im Laufe der Untersuchungen auf diesen Gegenstand auf-

merksam wurde und das mir noch zugängliche Material auf die Verschmelzung der knorpligen Mittel- und Endphalangen besah, fand sich bei 132 Kindern und Föten folgendes:

Knorplige Verschmelzung der beiden Glieder fand sich unter 68 Föten 34 Mal, unter 64 Kindern (von der Geburt bis zum 12. Jahr) 32 Mal, was (zufälligerweise genau) eine Häufigkeit von 50 % [1] Knorpelverschmelzung ergiebt, also eine nicht unwesentliche Abweichung von den Resultaten von Erwachsenen.

Wenn die Zahl der gemachten Beobachtungen auch nicht berechtigt, einen Durchschnittswerth für das Kindesalter aufzustellen, so giebt sie doch durch ihr Ueberwiegen über den beim Erwachsenen gefundenen Procentsatz einen Hinweis, dass beim Fötus und Kind die Vereinigung etwas häufiger ist als später. Damit stimmt theilweise auch das Verhalten überein, dass Pfitzner bei 91 Föten und Kindern constatirt hat. Er fand allerdings bei 28 Föten die Verschmelzung nur in 25 %, bei 63 Kindern aber in 47 %.

Von Interesse ist, dass eine Correlation zwischen der Knorpelverschmelzung und den übrigen von mir beobachteten Rückbildungserscheinungen an der Mittelphalanx besteht: an denjenigen Füssen, an welchen Knorpelverschmelzung der zwei distalen Phalangen der 5. Zehe sich fand, war das zeitliche Auftreten der Ossification ein besonders verspätetes und die Art der Ossification eine besonders vereinfachte (3. Typus s. oben).

Von den übrigen Zehen fand ich nur bei der 4. ein einziges Mal Verschmelzung ihrer beiden distalen Glieder im Knorpelstadium vor an einem Fuss, dessen Zehen auch die übrigen bisher geschilderten Rückbildungserscheinungen in ausgeprägter Linie aufwies.

An Pfitzner's viel reichlicherem Material von 799 Füssen Erwachsener ergab sich eine Verschmelzung der beiden Phalangen an der 4. (und 5.) Zehe 13 Mal, an der 3. (4. und 5.) Zehe 4 Mal, an der 2. (3., 4. und 5.) Zehe 3 Mal.

Es zeigt also auch diese Rückbildungserscheinung eine Tendenz von der 5. Zehe tibialwärts vorzuschreiten.

Pfitzner erklärt die Vereinigung der noch knorpeligen Mittel- und Endphalanx damit, dass ein bereits gebildetes Gelenk zwischen beiden Stücken verödet und die zwischen liegende Gewebeschicht durch Knorpel ersetzt wird. Die häufig sichtbare dunkle Linie, welche in vielen Fällen noch das einheitliche Knorpelelement der Mittel- und Endphalanx auf

[1] Unter diesem Material zeigten drei Kinder und ein Fötus unvollständige Trennung der Stücke. Dieselben waren durch Bandmasse vereinigt. Eine neue Serie von 40 Kinderfüssen von Leichen im Alter bis zu 11 Jahren zeigte das Verhalten zu 42,5 %, was mit den oben aufgeführten Füssen von 64 Kindern zusammengenommen ein Procentverhältniss von 47,1 % ergiebt.

dem Durchschnitt in zwei Theile theilt, sieht er als eine „minimale Schicht solchen noch nicht ganz resorbirten Zwischengewebes“ an. Meiner Ansicht nach spricht aber der Umstand, dass die Vereinigung an der 5. Zehe beim Fötus zum Mindesten nicht seltener vorkommt als beim Erwachsenen, im Gegentheil eher für die Auffassung, dass es sich um ein Unterbleiben der Gelenkbildung handelt. Pfitzner hat, wie erwähnt, eine Vereinigung des knöchernen Skeletstückes an der 5. Zehe des Erwachsenen in 37 % gefunden, ich habe beim Fötus und Kind daselbst eine Knorpelvereinigung in 50 % angetroffen. Wenn hier kein Zufall mit im Spiele ist, so beweist dies, wie schon oben ausgesprochen wurde, dass beim Kinde und Fötus die Trennung der Mittel- und Endphalanx der 5. Zehe sogar entschieden seltener ist, als beim Erwachsenen. Ist dies aber der Fall, dann werden wir zu folgender Erklärung geführt: In einem Theile der Fälle unterbleibt die Gelenkbildung zwischen den beiden genannten Skeletstücken dauernd (37 % nach Pfitzner), in einem anderen Theil der Fälle tritt sie verspätet auf. (Differenz zwischen meinen und den Pfitzner'schen Zahlen.) Auch der histologische Befund spricht zu Gunsten der vorgetragenen Ansicht: An der häufig bei bestehender Knorpelverschmelzung sichtbaren dunklen Linie an der Stelle des Gelenkes zeigt sich, dass hier einfach die Knorpelzellen dichter gedrängt stehen, als im übrigen hyalinen Knorpel. Dieses Verhalten erinnert doch lebhaft an den Vorgang der Gelenkbildung, wo wir ebenfalls eine derartige indifferente Zwischenschicht zwischen den beiden hyalinen Knorpeln vorfinden, die hier der Gelenkspalte Platz macht.

Eine definitive Entscheidung der Frage kann freilich nur durch Untersuchung eines hinreichenden embryonalen Materials aus der Zeit der Entstehung der Phalangealgelenke geliefert werden.

Wenn ich also meine Ansicht zusammenfassen darf, so geht dieselbe dahin, dass die bisher vorliegenden Beobachtungen auf einen im Gang befindlichen Rückbildungsprocess der Mittelphalangen hinweisen, der von der fibularen nach der tibialen Seite hin fortschreitet.

Dieser Reductionsprocess spricht sich vor allem in dem zeitlichen Eintritt der Ossification von Dia- und Epiphyse aus: Die Ossification erscheint verspätet und zwar für die einzelnen Zehen in sehr verschiedenem Grade, wobei sich immer eine Abstufung von der 5. zur 2. Zehe ergiebt. Ferner unterliegt ihr zeitliches Auftreten weitgehenden individuellen Schwankungen, bei denen aber immer wieder innerhalb des gleichen Fusses die nämliche gesetzmässige Abstufung vom fibularen zum tibialen Rande kenntlich ist.

Einen weiteren Hinweis auf den im Gang befindlichen Rückbildungsprocess unseres Knochenstückes liefert die Art seiner Ossification: Es kann sich die Mittelphalanx in der typischen Art der übrigen Röhrenknochen der Hand und des Fusses entwickeln mit periostal-

enchondral ossificirender Diaphyse und einer Epiphyse. Sie kann aber auch nur nach Art eines kurzen Knochens, d. h. rein enchondral und unter Wegfall eines eigenen Epiphysenkerns entstehen; beide Extreme sind durch Zwischenstufen verbunden, die durch ein Zurücktreten der periostalen Ossification der Diaphyse, sowie auch durch eine Pseudoepiphysenbildung gekennzeichnet werden. Diese Vereinfachung des Ossificationsvorganges zeigt ebenfalls die typische Abstufung von der 5.—2. Zehe. Drittens kommt der in Rede stehende Reductionsprocess darin zum Ausdruck, dass die von ihm am meisten ergriffene 5. Zehe in einem grossen Theil der Fälle im knorpeligen Stadium nicht mehr als selbständiges Skeletstück angelegt wird, sondern in Verbindung mit der Endphalanx auftritt. Bei Föten und Kindern ist dies in ca. 50% der Fall, während bei Erwachsenen, wahrscheinlich infolge einer verspätet aufgetretenen Gelenkbildung das Procentverhältniss (nach Pfitzner) ein etwas geringeres ist. Aber auch bei ausfallender Gelenkbildung spricht sich doch noch das ursprüngliche Verhalten durch das Auftreten zweier gesonderter Knochenstücke innerhalb des einheitlichen Knorpels aus (s. darüber das nächste Capitel über die Endphalanx).

Die drei besprochenen Vorgänge, das verspätete Auftreten der Ossification, die Vereinfachung des Ossificationsprocesses und das Ausbleiben der Gelenkbildung stehen untereinander in Correlation in der Weise, dass in den Fällen von ausbleibender Gelenkbildung die Ossification immer auch verspätet und gleichzeitig auch in ihrem einfachsten Typus auftritt. Wenn auch der eine dieser drei Vorgänge, nämlich die ausbleibende Gelenkbildung im Knorpelstadium, bis jetzt nur erst an der 5. Zehe häufig vorkommt, so deutet doch das vorliegende Thatsachenmaterial auf ein bereits beginnendes Uebergreifen auch dieses Processes auf weiter tibial gelegene Zehen hin (wie vor allem aus Pfitzner's Untersuchungen hervorgeht). Was die Auffassung des Reductionsvorganges der Mittelphalanx anlangt, so ergeben meine embryologischen Untersuchungen für Pfitzner's ursprüngliche, inzwischen zurückgenommene Annahme, dass dieselbe eine Theilerscheinung einer am menschlichen Fuss vor sich gehenden Rückbildung ganzer Strahlen sei, keine Anhaltspunkte. Noch weniger aber lässt sich aus denselben eine Stütze für Pfitzner's neuere Anschauung ableiten, dass es sich um einen progressiven Vorgang an den Zehen des menschlichen Fusses handle. Ich kann jedoch gegen die Pfitzner'sche Aufstellung deshalb keine Stellung nehmen, weil dieselbe auf anderer Grundlage beruht als die meine. Ich beschränke mich darauf, hervorzuheben, dass die Entwicklungsgeschichte auf eine im Gang befindliche Reduction der Mittelphalanx hinweist.

3. Endphalange. Phalanx III.

Literatur.

Nesbitt (23) lässt die Endphalangen nach den übrigen Phalangen nicht vor dem 4. Fötalmonat ossificiren, die der kleine Zehe findet er bei der Geburt meist knorplig.

Meckel (39) indessen nimmt gerade das Gegentheil an: Die Ossification erscheine an der Endphalanx der grossen Zehe vor allen übrigen Zehenknochen, vor dem 4. Monat und zwar von der distalen Spitze ausgehend. Béclard's (8) Angabe geht dahin, dass die Ossification am 45. Tage des Embryonallebens am Hallux einsetzt und die anderen Endphalangen ihrer Grösse nach folgen. Basalepiphysen erscheinen: im Hallux im 5., in den übrigen Zehen im 6. Jahre und verschmelzen zwischen dem 16. und 17.

Nikolai (41) sagt: Das Ossificationscentrum der Endphalange, das im 4. Monat auftritt, ist platt rundlich.

Cruveilhier (15) verlegt die ersten Verknöcherungen der Endglieder vor dem 45. Tag, indem er sie an der Grosszehe beginnen lässt, die Epiphysenossificationen am Hallux in das 5., an den anderen Zehen in das 6. Jahr, deren Verschmelzung mit den Diaphysen in das Alter von 17—18 Jahren. Nach Schwegel (54) fällt die Verknöcherung der Diaphysen zwischen den 6. Monat und das 1. Jahr, die der Epiphysen zwischen das 2. und 8., deren Verschmelzung zwischen das 16. und 24. Jahr.

Rambaud und Renault (47) beobachten das Auftreten von Endphalangenknochen gegen den 4. Monat, in der Endphalanx der 5. Zehe erst nach der Geburt. Die Verknöcherung schreitet von der Spitze nach rückwärts, Epiphysenkerne erscheinen im 6. Lebensjahre.

Henke und Reyher (29) sehen an der Phalanx III schon am Ende des 2. Monats „Verkalkungen".

Sappey (52) giebt für diese Knochen ebenso wie für die übrigen Phalangen das Alter von 3—3½ Monaten des fötalen Daseins an; auch die Epiphysenkerne erscheinen nach ihm wie die der anderen Zehen, zwischen 3½ und 4 Jahren, die Verschmelzung erfolgt mit 16—18 Lebensjahren. In Gegenbaur's (21) Lehrbuch der Anatomie findet sich die Angabe, dass die Endglieder nach den Grundgliedern im 4. Fötalmonat, die Epiphysen nach den ersten Lebensjahren erscheinen, um zur Pubertätszeit zu verschmelzen.

Rauber's (49) Lehrbuch der Anatomie erwähnt für den ersteren Vorgang die 9. bis 10. Woche, also die nämliche Zeit wie für die übrigen Zehenglieder, für die Epiphysenverknöcherung das 8.—10. Jahr, für die Verschmelzung das 19.—21.

Nach Toldt (59) verknöchern die Diaphysen der Endphalangen zu gleicher Zeit wie die der Metatarsen, die Epiphysen zur selben Zeit wie die der übrigen Zehenglieder. Hertwig lässt die Diaphyse dieser Knochenreihe von der 9. Woche, die Epiphysen wie an den übrigen Phalangen ossificiren.

Bade's (3) Untersuchungen ergeben als Ossificationszeit der Phalanx III die 10 bis 12. W., wobei die Verknöcherung der Grosszehe zuerst erscheint. Das Resultat der Beobachtungen an den Epiphysen ist ein ebenso unsicheres, wie bei den übrigen Zehengliedern.

Lambertz (37) endlich verzeichnet die 9. Woche als die Verknöcherungszeit der Endphalanx des Hallux, die 11. und 12. als die für die 2. und 3., die 13. Woche für die 4. und 5. Zehe.

Eigene Beobachtungen.

Meine Untersuchungen bestätigen in Bezug auf die 1.—4. Diaphyse der Phalanx III die Resultate der beiden letztgenannten Autoren.

Die betreffenden Knochenkerne erscheinen zwischen der 9. und 11. Fötalwoche (s. Fig. 18—21). In den jüngsten Stadien findet sich die Endphalanx, besonders die erste schon etwas weiter vorgeschritten als in den Metatarsen[1]. Wie schon vielfach beschrieben, fand sich die

[1] So ist also die Endphalanx der Grosszehe der zuerst verknöchernde Skelettheil des Fusses.

Ossification von der Spitze ausgehend. Im Uebrigen war die Endphalanx der 3. Zehe von der 10., die der 4. Zehe von der 11. Woche an verknöchert, während die der kleinen Zehe erst vom 4. Fötalmonat an einen Hauptknochenkern besass (Tabelle XIIIa). Doch wurde derselbe

Tabelle XIIIa.

Auftreten der Diaphysenkerne in den Endphalangen im Alter von 7 Wochen fötal bis Anfang des 5. Monats fötal.

Fortlaufende No.	Altersbestimmung der Föten				Ossification in der Zehe					Bemerkungen
	Grösse der Föten in cm	Gewicht	Kopfumfang	Alter	I.	II.	III.	IV.	V.	
30	3,5	2,2	—	7—8 Wochen	—	—	—	—	—	
29	4	3	—	9 „	|	|	|	|	—	
4	6,5	7	—	9—10 W.	|	|	—	—	—	
3	7	7	—	10 Wochen	|	|	|	—	—	
1	8,5	17	—	11 „	|	|	|	|	—	
2	9	19	—	12 „	|	|	|	|	—	
6	9	19	—	12 „	|	|	|	|	—	
17	10	20,5	—	4. Mt. Anf.	|	|	|	|	—	
27	12,5	35	—	4. „ „	|	|	|	|	—	
5	14	45	—	4. „ Mitte	|	|	|	?	—	
7	14,5	75	—	4. „ „	|	|	|	|	|	
12	14,5	68	—	4. „ „	|	|	|	|	|	
28	14,5	68	—	4. „ „	|	|	|	|	?	
14	16,5	100	—	4. „ Ende	|	|	|	|	|	
26	17	99	—	4. „ „	|	|	|	|	|	
25	18	144	—	5. „ Anf.	|	|	|	—	—	

Tabelle XIIIb.

Ossification der Diaphyse der Endphalangen vom 5. Monat fötal bis zur Geburt.

Alter fötal	Zahl der untersuchten Objecte	In diesen waren ossificirt folgende Endphalangen der					Bemerkungen
		I. Zehe	II. Zehe	III. Zehe	IV. Zehe	V. Zehe	
5. Monat	8	8 Mal	8 Mal	8 Mal	8 Mal	7 Mal	
6. „	8	8 „	8 „	8 „	8 „	6 „	
7. „	8	8 „	8 „	8 „	8 „	6 „	
8. „	9	9 „	9 „	9 „	9 „	8 „	
9. „	15	15 „	15 „	15 „	15 „	14 „	
10. „	12	12 „	12 „	12 „	12 „	12 „	
Neugeborene	8	8 „	8 „	8 „	8 „	7 „	

Tabelle XIV.

Einfluss der knorpligen Verschmelzung von Mittel- und Endphalanx der 5. Zehe auf die Ossification der beiden Skeletstücke.

Fortlaufende No.	Alter	Fälle mit Knorpelverschmelzung								Fortlaufende No.	Alter	Fälle ohne Knorpelverschmelzung							
		Ossification in										Ossification in							
		Mittelphalanx				Endphalanx						Mittelphalanx				Endphalanx			
		Diaphyse	Grösse derselben	Epiphyse	Grösse derselben	Diaphyse	Grösse derselben	Epiphyse	Grösse derselben			Diaphyse	Grösse derselben	Epiphyse	Grösse derselben	Diaphyse	Grösse derselben	Epiphyse	Grösse derselben
208	7 Monate fötal	—	—	—	—		klein	—	—	205	7 Monate fötal	—	—	—	—	—	—	—	—
206	7 „ „	—	—	—	—	—	„	—	—	228	8 „ „	—	—	—	—	—	1,5	—	—
224	7 „ „	—	—	—	—	?	—	—	—	215	8 „ „	—	—	—	—	—	klein	—	—
216	8 „ „	—	—	—	—	—	„	—	—	227	8 „ „	—	—	—	—	—	—	—	—
209	8 „ „	—	—	—	—	—	„	—	—	226	8—9 „ „	—	—	—	—	—	—	—	—
61	8 „ „	—	—	—	—	—	0,75	—	—	211	8—9 „ „	—	—	—	—	—	—	—	—
219	8—9 „ „	—	—	—	—	?	—	—	—	229	9 „ „	—	—	—	—	—	0,5	—	—
222	9 „ „	—	—	—	—	—	0,75 (Endkappe)	—	—	207	9 „ „	—	—	—	—	—	—	—	—
90	9 „ „	—	—	—	—	—	1,0	—	—	195	9 „ „	—	—	—	—	—	klein	—	—
55	9 „ „	—	—	—	—	—	2,0	—	—	89	10 „ „	—	—	—	—	—	2,0	—	—
63	9 „ „	—	—	—	—	—	1,0	—	—	220	10 „ „	—	—	—	—	—	1,0	—	—
157	9 „ „	—	—	—	—	—	0,75	—	—	212	10 „ „	—	—	—	—	—	0,75	—	—
223	9 „ „	—	—	—	—	—	0,5 (Endkappe)	—	—	213	10 „ „	—	2,0	—	—	—	1,5	—	—
221	10 „ „	—	—	—	—	—	—	—	—	225	10 „ „	—	1,25	—	—	—	0,75	—	—
210	$1^1/_2$ „ postfötal	—	—	—	—	—	—	—	—	214	10 „ „	—	—	—	—	—	klein	—	—
41	2 „ „	—	—	—	—	—	0,75	—	—	304	$2^1/_2$ „ postfötal	—	1,0	—	—	—	0,5	—	—
121	3 „ „	—	—	—	—	—	2,0	—	—	188	4 „ „	—	—	—	—	—	—	—	—
306	3 „ „	—	—	—	—	—	—	—	—	308	$4^1/_2$ „ „	—	1,0	—	—	—	1,0	—	—
193	$3^1/_2$ „ „	—	—	—	—	—	klein	—	—	309	$4^1/_2$ „ „	—	—	—	—	—	0,75	—	—
189	4 „ „	—	—	—	—	—	0,5	—	—	316	4 M. 22 Tge. „	—	—	—	—	?	—	—	—
194	5 „ „	—	—	—	—	?	—	—	—	300	5 Monate „	—	—	—	—	—	1,0	—	—
140	6 „ „	—	—	—	—	—	1,5	—	—	190	6 „	—	—	—	—	—	—	—	—

168	6 Mon. postfötal	—	—	—	—		2,0	—	—	293	6 Monate		0,5	—	—		1,5	—	—	—	—
310	7 „ „	—	—	—	—		0,2	—	—	311	7 M. (Atrophie)	—	—	—	—		0,5	—	—	—	—
202	7 „ „	—	—	—	—		klein	—	—	166	8 „ postfötal		—	—	—		1,75	—	—	—	—
201	7 „ „	—	—	—	—		1,0	—	—	307	9 Monate		1,5	—	—	?	—	—	—	—	—
320	10 „ „	—	—	—	—		1,0	—	—	321	9½ „		1,0	—	—		0,75	—	—	—	—
314	10⅜ „ „	—	—	—	—		1,0	—	—	305	10 „	—	—	—	—		1,0	—	—	—	—
291	11 „ „		1,5	—	—		1,0	—	—	197	1 Jahr		klein	—	—		1,5	—	—	—	—
297	11 „ „	—	—	—	—		0,5 (Endkappe)	—	—	199	1 „		—	—	—		1,5	—	—	—	—
40	1 Jahr	—	—	—	—		—	—	—	299	1 „		1,5	—	—	?	—	—	—	—	—
138	1 „	—	—	—	—		2,0	—	—	174	1 „		—	—	—		—	—	—	—	—
292	1 „	—	—	—	—		1,0	—	—	192	1 Jahr 3 Mon.		1,0	—	—		1,75	—	—	—	—
173	1 Jahr 2 Mon.	—	—	—	—		—	—	—	137	1 „ 3 „		—	—	—		—	—	—	—	—
294	1 „ 3 „		2,0	—	—		2,0	—	—	322	1 „ 4 „	—	—	—	—		1,0	—	—	—	—
35	1 „ 5 „	—	—	—	—		2,0	—	—	317	1 „ 5½ „		2,25	—	—		2,0	—	—	—	—
296	1 „ 6 „	—	—	—	—		1,0	—	—	303	1 „ 6 „		2,0	—	—		1,0	—	—	—	—
308	1 „ 6 „	—	—	—	—		0,5 (Endkappe)	—	—	142	1 „ 9 „		—	—	—		2,0	—	—	—	—
36	1 „ 9 „	—	—	—	—		2,0	—	—	295	1 „ 11 „		1,5	—	—		0,75	—	—	—	—
281	1 „ 10 „	—	—	—	—	?	—	—	—	183	2 Jahre		2,0	—	—		2,0	—	—	—	—
175	2 Jahre	—	—	—	—		1,75	—	—	284	2 „		2,0	—	—		0,75	—	—	—	—
230	2 „		2,0	—	—	?	—	—	—	191	2 Jahre 1 Mon.		—	—	—		—	—	—	—	—
298	2 Jahre 1 Mon.	—	—	—	—		2,0	—	—	323	2 „ 3 „	—	—	—	—		0,75	—	—	—	—
180 a	2 „ 6 „		—	—	—		—	—	—	301	2 „ 3 „		3,0	—	—		1,0	—	—	—	—
b	—	—	—	—	—		—	—	—	165	3 Jahre		—	—	—		—	—	—	—	—
283	2 Jahre 6 Mon.	—	—	—	—		3,5	—	—	196	3 Jahre 7 Mon.		gross	—	—		klein	—	—	—	—
302	2 „ 6 „		1,2	—	—		2,0	—	—	200	4 „ 6 „		5,5	—	—		2,0		—	—	—
187	2 „ 6 „	?	—5	—	—		2,0	—	—	169	5 Jahre		gross	—	—		klein	—	—	—	—
319	3 Jahre		1,0	—	—		1,5	—	—	315	6 „		4,0	—	—		1,5	—	—	2,0	—
172	3 „		—	—	—		—	—	—	37	7 Jahre 4 Mon.		—	—	—		—	—	—	—	—
290	3 „	—	—	—	—		1,5	—	—	282	8 Jahre		3,75	—	—		2,25	—	—	2,5	—
286	3 „	—	—	—	—		1,75	—	—	231	8 Jahre 6 Mon.		4,5	—	—		2,5	—	—	1,5	—
31	7 Jahre 7 Mon.		—	—	—	?	—	—	—	313	9 Jahre		4,5	—	—		3,5	—	—	1,0	—
184 a	14 Jahre		7.0	—	—		4,5	—	—	289	9 Jahre 4 Mon.		4,5	—	—		2,5	—	—	2,0	—
b	—		6,0	—	—		4,0	—	—	204	10 Jahre		5,0	—	—		2,5	—	—	2,0	—
										203	11 „		3,5	—	—		1,5	—	—	2,0	—
										287	11 Jahre 6 Mon.		4,0	—	—		2,0	—	—	2,0	—

No. 193 und 286 sind durch Bandmasse unvollkommen vereinigt.

Anm. In diese Tabelle wurden nur Füsse von Leichenmaterial aufgenommen, welche sämmtlich präparatorisch untersucht waren. Die Nummern über 284 entstammen einer neuen Untersuchungsserie.

Tabelle XV.

Verknöcherungszeiten der Epiphysen der Endphalangen.

Fortlaufende Nummer		Alter	Grösse in cm	1.	2.	3.	4.	5.	Bemerkungen.
197	Leiche	1 J.	65,5	—	—	—	—	—	
292	„	1 „	72	—	—	—	—	—	
119	lebend	1 „	68	|	—	—	—	—	
299	Leiche	1 „	69	—	—	—	—	—	
174	„	1 „	68	—	—	—	—	—	
199	„	1 „	70	—	—	—	—	—	
40	„	1 „	73	—	—	—	—	—	
138	Leiche	1 „	87	—	—	—	—	—	? ?
322	„	1 J. 4 M.	68	—	—	—	—	—	
113	lebend	1 „ 1/2 „	66	—	—	—	—	—	
318	Leiche	1 „ 6 1/2 „	69,5	|	—	—	—	—	
173	„	1 „ 2 „	73,5	—	—	—	—	—	
317	„	1 „ 5 1/2 „	72	|	—	—	—	—	
192	„	1 „ 3 „	66	—	—	—	—	—	
294	„	1 „ 3 „	77	—	—	—	—	—	
137	„	1 „ 3 „	89	—	—	—	—	—	
303	„	1 „ 6 „	69	—	—	—	—	—	
35	„	1 „ 5 „	68	|	—	—	—	—	
296	„	1 „ 6 „	73	—	—	—	—	—	
106	lebend	1 „ 8 „	72	|	—	—	—	—	
308	Leiche	1 „ 6 „	?	—	—	—	—	—	
142	„	1 „ 9 „	70	|	—	—	—	—	
281	„	1 „ 10 „	77,5	—	—	—	—	—	
36	„	1 „ 9 „	—	—	—	—	—	—	
295	„	1 „ 11 „	79,0	|	—	—	—	—	
230	„	2 J.	75,5	|	—	—	—	—	
284	„	2 „	83	—	—	—	—	—	
185	„	2 „	76	—	—	—	—	—	
323	„	2 J. 3 M.	?	—	—	—	—	—	
175	„	2 J.	77	—	—	—	—	—	
298	„	2 J. 1 M.	72	|	—	—	—	—	
191	„	2 „ 1 „	77,5	|	—	—	—	—	
301	„	2 „ 3 „	75	|	—	—	—	—	
232	lebend	2 „ 4 „	76,5	|	—	—	—	—	
302	Leiche	2 „ 6 „	?	|	—	—	—	—	
244	lebend	2 „ 4 „	80,5	|	—	—	—	—	
283	Leiche	2 „ 6 „	86,0	|	—	—	—	—	
187	„	2 „ 6 „	81	|	—	—	—	—	
285	„	2 „ 6 „	89,0	—	—	—	—	—	
180	„	2 „ 6 „	?	—	—	—	—	—	
172	„	?	85,5	|	—	—	—	—	
319	„	3 J. 2 M.	90	|	—	—	—	—	

Fortlaufende Nummer		Alter	Grösse in cm	1.	2.	3.	4.	5.	Bemerkungen.
183	Leiche	?	88,6	|	—	—	—	—	
286	„	3 J. 9 M.	84,0	|	—	—	—	—	
165	„	3 J.	84,0	|	—	—	—	—	
290	„	3 „	81,5	—	—	—	—	—	
117	lebend	3 „	?	|	| ?	—	—	—
104	„	3 J. 1 M.	88	|	?	|	|	—	
233	„	3 „ 2 „	87,5	|	—	—	—	|	
234	„	3 „ 7 „	99	|	—	—	—	—	
196	Leiche	3 „ 7 „	92,5	|	—	—	—	—	
112	lebend	3 „ 9 „	93	|	—	—	—	—	
98	„	4 J.	94,5	|	—	—	—	—	
288	Leiche	?	95	|	—	—	—	—	
241	lebend	4 J.	99,5	|	|	?	? |	—	
97	„	4 „	102	|	—	—	|	|	
82	„	4 J. 6 M.	102	? |	—	—	—	—	
200	Leiche	4 „ 6 „	100	|	—?	|	|	|	
235	lebend	4 „ 7 „	108	|	|	|	|	|	
115	„	4 „ 9 „	?	|	—	—	—	—	
169	Leiche	5 J.	96	|	—	—	—	|	
239	lebend	5 J. 11 M.	105	|	|	|	|	|	
238	„	5 „ 6 „	105,5	|	|	|	|	|	

Von dieser Altersstufe an wird noch zuweilen an Endphalangen 2 oder 3 die Epiphyse vermisst. Die von lebenden Kindern gewonnenen Röntgen-Bilder lassen die Verhältnisse meist nur unklar erkennen.

öfters noch an erheblich älteren Füssen vermisst (s. voriges Capitel). Es macht sich also an der 5. Zehe auch für die Endphalanx eine gewisse Inconstanz in der Zeit der Verknöcherung bemerkbar, wenn auch in viel geringerem Grade als für die Mittelphalange (Tabelle XIIIb und XIV).

Auch in Bezug auf die Art der Ossification zeigt die Endphalange der 5. Zehe Besonderheiten.

Pfitzner hat angegeben, dass die Endphalangen aus folgenden Knochenkernen ossificiren:

1. aus einer periostalen, kappenartig die Spitze des Knöchelchens umfassenden Periostknochenschale, der „Endkappe“, wie er sie nennt;
2. aus einem enchondralen Knochencentrum für die Diaphyse und
3. einem solchen für die Epiphyse.

Kern 2 soll an der 5. Zehe ausfallen, was nach Verf. ein Charakteristicum der 5. Zehe, ein Zeichen für deren Rückbildung ist.

1. Von der Endkappe konnte ich nun mehrmals in vorgerückten Entwicklungsstadien, einmal sogar an dem Fuss eines 7 Jahre 7 Monate

alten Kindes (s. Tabelle XIV [1]) weder mit Röntgenlicht noch mit makroskopischer Präparation eine Spur in der Endphalanx der 5. Zehe entdecken. Doch die Beobachtung, dass sich mit der ungemein feinen Kaliglycerinmethode bei einer ziemlich grossen Anzahl von Föten jedesmal ein wenn auch nur minimaler Knochenpunkt unter dem Nagel der kleinen Zehe zeigte, verleitet mich zu dem Glauben, dass in manchen Fällen nur die lange fortbestehende Kleinheit dieses Knochencentrums sein Fehlen vortäuscht, ein Grund, aus dem ich mir auch Rambaud und Renault's Angaben (p. 494) über ein spätes Auftreten der Ossification in der Endphalange erkläre (s. Fig. 13, 10, 9, 7).

Was den 2. Punkt der Pfitzner'schen Aufstellung betrifft, so habe ich die enchondrale Ossification wenigstens in der Weise, wie sie nach

Fig. 31. 7 Jahre 9 Monate alt (No. 116). Bei knorpliger Verschmelzung der Mittel- und Endphalanx 5 ist hier ein Ossificationskern *a* für die erstere und ein kleiner Kern *b* für die letztere vorhanden. Epiphysenkerne fehlen beiderseits. Mittelphalanx III und IV hatten wahrscheinlich Pseudoepiphysen, die bereits verwachsen sind. Auf $^2/_3$ verkl.

Pfitzner's Schilderung zu sein scheint, d. h. als einen „gesetzmässigen" also wohl selbständigen Knochenkern an keiner Endphalange nachweisen können. Sondern meist [2] schloss sich an die „Endkappe" eine enchondrale Ossification an, die in innigem Zusammenhang mit ersterer stand. Für die 5. Zehe und zuweilen auch für die 4. bestand nur der graduelle Unterschied, dass hier die enchondrale Verknöcherung sehr spärlich ausgeprägt war. Soviel über die Diaphyse.

[1] In Tabelle XIV suchte ich u. a. auch die Einwirkung der Knorpelverschmelzung auf die Grösse der Diaphyse der Endphalanx genauer zu verfolgen. Es zeigte sich dabei jedoch ausser einer grossen Inconstanz in der Grösse von Mittel- und Endphalanx 5, dass hier die Knorpelverschmelzung keine charakteristischen Unterschiede hervorruft. Da indessen aus den Zahlen hervorgeht, dass die Endphalanx 5 nicht nur auf die „Endkappe" beschränkt bleibt, beliess ich sie in der Tabelle.

[2] s. Tabelle XIV. Wenn nur eine „Endkappe" zu constatiren war, ist dies eigens vermerkt.

3. Unter den Epiphysen der Endphalanx nehmen die der 1. und 5. Zehe eine besondere Stellung ein; es sollen daher zuerst die der 2. bis 4. Zehe besprochen werden (s. Tabelle XV). Hier tritt der Kern durchschnittlich mit 4 Jahren auf, also ein wenig später als an den übrigen Phalangen. Ausnahmsweise wurde er schon bei 3 Jahren 1 Monat gesehen und in einem vereinzelten Fall noch mit 7 Jahren 4 Monaten an einer Zehe vermisst.

Bei Zehe 5 besteht ein durchgehender Unterschied, je nach dem eine Verschmelzung der knorpligen Endphalanx mit der Mittelphalanx existirt oder nicht. Im letzteren Falle tritt der Epiphysenkern zur gleichen Zeit auf, wie an den Zehen 2—4, eher etwas früher (s. Tabelle XV und Fig. 7 p. 460). Im ersteren Fall dagegen fehlt der Epiphysenkern vollständig (s. Tabelle XIV), Fig. 31, 32, 33. Es steht dies

Fig. 32. 11 Jahre 9 Monate (No. 237). Knorpelverschmelzung an Mittel- und Endphalanx 5. Die Ossificationscentren der beiden in Verschmelzung. Epiphysen fehlen hier. Die Mittelphalanx der übrigen Zehen hatten vermuthlich Pseudoepiphysen, welche früh mit den Diaphysen verschmolzen. Auf $^2/_3$ verkleinert.

im Widerspruch zu den Angaben Pfitzner's, nach welchen der Epiphysenkern der 5. Zehe offenbar in beiden Fällen erhalten bleibt, und gross werden soll.

Es zeigt sich also an der 5. Zehe bei Verschmelzung der beiden Phalangen auch an der Epiphyse der Endphalanx eine entschiedene Rückbildung.

Die Epiphyse der Endphalange an der Grosszehe steht zu denen der übrigen Zehen durch eine auffallend frühzeitige Ossification in einem Gegensatz. Der Kern tritt häufig im 2. Lebensjahre auf, einmal fand ich ihn schon an einem Kind von 12 Monaten (Fig. 34). Nur selten

fehlte er nach Ablauf des 2. Jahres, einmal noch mit 3 Jahren (No. 290 der Tabelle XV, Rachitis).

Bei einem polydaktylen Kind von $3^1/_2$ Monaten fand sich im Röntgenbild an beiden Füssen zwischen End- und Grundphalanx der grossen Zehe ein kleiner Kern, der kaum anders denn als früh aufgetretener Epiphysenkern der Endphalanx gedeutet werden konnte. Durch dieses frühe

Fig. 33. 13 Jahre 8 Monate. Ossificationscentren der Endphalanx 5 in Verschmelzung mit den Ossificationscentren der Mittelphalanx 5. An beiden Enden fehlt die Epiphyse. Epiphysen der End- und Mittelphalanx in Verschmelzung begriffen. Auf $^2/_3$ verkleinert.

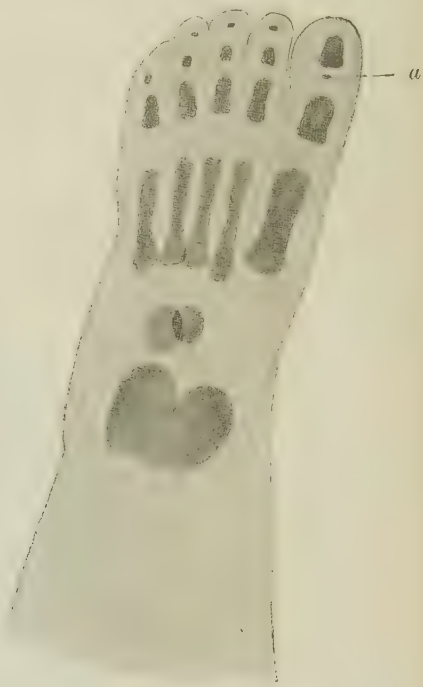


Fig. 34. 1 Jahr (No. 119). *a* Frühes Auftreten der Epiphyse an Endphalanx 1. Auf $^2/_3$ verkleinert.

Auftreten der Epiphyse unterscheidet sich die Endphalange des Hallux nicht nur von den übrigen Endphalangen, sondern von denen aller übrigen Röhrenknochen des Fusses.

In diesem Befund können diejenigen Forscher, welche am Daumen und der Grosszehe einen Ausfall der Mittelphalanx annehmen, eine weitere ontogenetische Unterlage für ihre Ansicht erblicken, indem sie sich vorstellen, dass die früh entstehende Epiphyse der Endphalanx einer Diaphyse der vermissten Mittelphalanx entspricht. Die Mittelphalanx des Hallux würde alsdann nicht verloren gegangen sein, sondern würde, nachdem sie sich mit der Endphalanx vereinigt — eine Vereinigung,

wie sie an den fibularen Zehen, besonders der 5., jetzt noch im Gange ist — zur Bedeutung einer Epiphyse der Endphalange herabgesunken sein (s. p. 493 voriges Capitel, vergl. auch Pfitzner's Arbeiten). Es scheinen aber solche Schlussfolgerungen deshalb zum Mindesten verfrüht, weil für die Vorfrage, ob denn überhaupt an Pollex oder Hallux der pentadaktylen Extremität ein Glied ausgefallen ist, eine ausreichende vergleichend-anatomische Grundlage fehlt.

In der beigegebenen Uebersichtstabelle sind die Resultate der vorliegenden Arbeit, sowohl die ungefähren Durchschnittszeiten des Auftretens der Ossificationscentren, als auch die extremen Fälle frühen Erscheinens oder späten Fehlens derselben zusammengestellt. Diesen stehen gegenüber die jeweilig extremsten Angaben der Literatur.

Zum Schlusse der Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. Rückert für die Stellung des Themas, sowie für die vielfache Anregung und wohlwollende Förderung im Verlaufe der Arbeit meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen, ebenso Herrn Prof. Dr. Rieder für die freundliche Unterstützung bei diagraphischen Aufnahmen.

Tabelle

Ossifications

Zeichenerklärung: f. = fötale Lebensperiode, p. f. = postfötale

Calcaneus, periostaler Kern (nicht constant)				
„ centraler Kern				
Apophyse des Calcaneus				
Talus (zuweilen mehrere Ossificationspunkte)				
Os trigonum (nicht constant)				
Cuboideum (mehrere Ossificationspunkte)				
Naviculare „ „				
Cuneiforme I (zuweilen 2 Punkte)				
„ II				
„ III				
Metatarsalia	**I. Diaphysen**			
	II. Epiphysen			
Grundphalanx	**I. Diaphysen**			
	II. Epiphysen			
Mittelphalanx	**I. Diaphysen**	1. der 2.—4. Zehe		
		2. der 5. Zehe	a) bei Knorpelverschmelzung mit der Endphalanx	
			b) ohne Knorpelverschmelzung mit der Endphalanx	
	II. Epiphysen	1. der 2.—4. Zehe		
		2. der 5. Zehe		
Endphalanx	**I. Diaphysen**	1. der 1.—4. Zehe		
		2. der 5. Zehe		
	II. Epiphysen	1. der 1. Zehe		
		2. der 2.—4. Zehe		
		3. der 5. Zehe	a) bei Knorpelverschmelzung mit der Endphalanx	
			b) ohne Knorpelverschmelzung mit der Endphalanx	

XVI.

zeiten.

Lebensperiode, J. = Jahr, M. = Monat, W. = Woche, T. = Tage.

Durchschnittszeit des Auftretens nach meinen Resultaten	Extreme Fälle			
	nach meinen Resultaten		aus der Literatur	
	frühes Auftreten	spätes Auftreten	frühes Auftreten	spätes Auftreten
mit $4^1/_2$—5 M. f.	—	—	(in der Lit. nicht beschrieben)	
mit 6 M. f.	—	—	mit 4 M. f.	mit 1 J. p.f.
„ 8 J.			„ 6 J.	„ 10 „
„ 7 M. f.	mit 6 M. f.	mit 7 M. f.	„ 5 M. f.	„ 1 „ p.f.
„ 8 J.				
mit 10 M. Anfang. f.	„ 9 „ f.	„ 6 „ p.f.	„ 7 „ f.	„ 2 „ p.f.
mit $3^1/_2$ J.	mit 1 J. 8 M.	„ 4 „	Geburt	„ 5 „
mit 3 J.	„ 1 „ 8 „	„ 3 J. 2 M.	„	„ 5 „
„ 3 „	„ 2 „ 4 „	„ 3 „ 2 „	im 1. J.	„ 5 „
mit 5—6 M. p.f.	„ 2 M. p.f.	mit 2 J.	vor $^1/_2$ „	„ 4 „
„ 9—10 W. f.	—	—	mit 40 T. f.	„ 5 M. f.
mit 3 J.	„ 2 J. 4 M.	mit 5 Jahr	im 2. J.	im 8. J.
mit 14 W. f.	mit 11—12 W. f.	mit 4 M. f.	mit 45 T. f.	mit 4 M. f.
mit $2^1/_2$—3 J.	mit 1 J. 5 M.	„ 3 J.	im 2. J.	im 8. J.
mit 6—10 M. f.	mit 4 M. f.	mit 5 M. pf.	mit 3 M. f.	mit 6—8 M. f.
Durchschnittszeit ist nicht anzugeben	mit $3^1/_2$ M. p.f.	mit 3 J.	—	—
Durchschnittszeit ist nicht anzugeben	mit 7 M. f.	mit 2 J. 3 M. p.f.	—	—
mit $2^1/_2$—3 J. (können fehlen)	mit 2 J.	mit 4 J. 9 M.	im 2. J.	im 8. J.
(fehlt)	—	—	„ 2. „	„ 8 „
mit 9 W. f.	mit 9 W. f.	mit 11 W. f.	mit 45 T.	mit 6 M. f.
„ 4 M. f.	—	„ 2 J.	„ 45 „	„ 1 J. p.f.
„ 2 J.	mit 3^1 M. p.f.	„ 3 J.	im 2. J.	im 8. J.
„ 4—$4^1/_2$ J.	mit 3 J. 1 M.	mit 7 J. 4 M. ?	„ 2. „	„ 8. „
(fehlt)	—	—	„ 2. „	„ 8. „
mit $4^1/_2$ J.	—	—	„ 2. „	„ 8. „

[1] Polydaktylie.

Literatur.

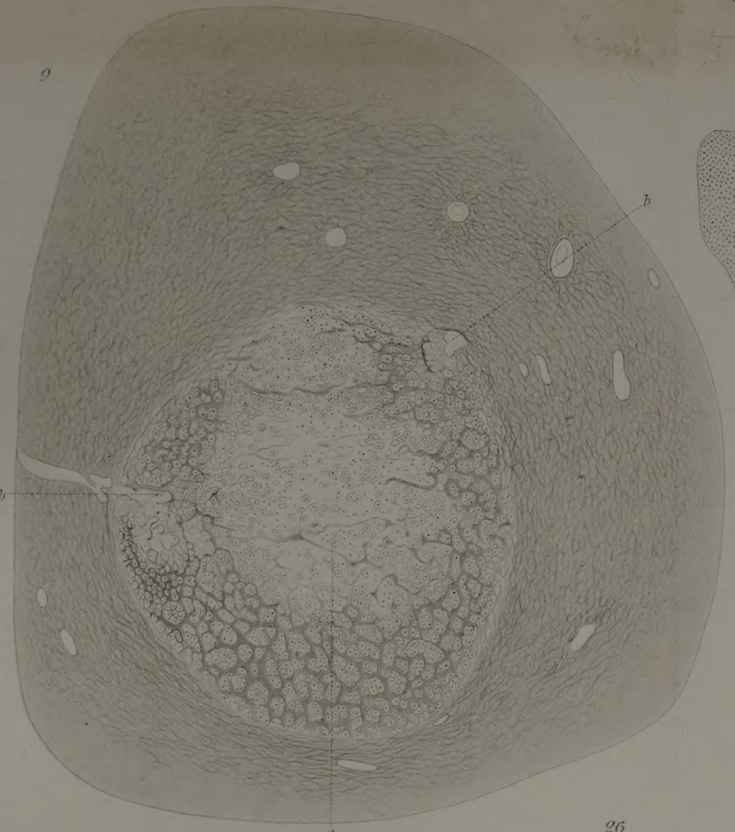
1. Albinus, Icones oss. foet. hum. Leidae Batav. 1737.
2.* Anderson, Demonstration von Knochenvarietäten. 1889.
3. Bade, Entwickelung der menschlichen Fussknochen nach Röntgogrammen. Sitzber. der niederrhein. Ges. f. Nat.- u. Heilk. Bonn 10. VII. 1896.
4. Ders., Kurze Beschreibung von 10 röntgogr. untersuchten Föten. Centralbl. f. Gynäkol. 1899.
5. Bardeleben, Zur Entwicklung der Fusswurzel. Sitzber. der Jenaisch. Ges. f. Med. u. Nat. 6. II. 1885.
6. Ders., Ueber neue Bestandtheile der Hand- und Fusswurzel der Säugethiere etc. Sitzber. der Jenaisch. Ges. f. Med. u. Nat. 30. Oct. 1885.
7. Ders., Hand und Fuss. Referat. Verh. d. Anat. Ges. 8. Vers. Strassburg 1894 (und Anat. Anzeiger Bd. 10).
8. Béclard, Osteose. Meckel's Archiv. 1820.
9. Betz, Morphologie der Osteogenese (russisch). Kiew 1889.
10. Block, On a divided intern. cuneif. bone. Journ. of anat. and phys. Vol. 28. New Ser. Vol. 8 P. 4 p. XX.
11. Bluff, Ueber das sogen. Os metacarp. pollic. Meckel's Archiv f. Anat. u. Phys. 1826.
12. Blumenbach's Geschichte und Beschreibung der Knochen. Göttingen 1807.
13. Böhmer, Institutiones osteologicae. Halae 1751.
14. Cassowitz, Normale Ossification und Erkrank. des Knochensystems. Wien 1881.
15. Cruveilhier, Traité d'anatomie descriptive. Paris 1851.
16. Debierre, Contribution à l'étude de l'ossification etc. Journ. de l'anat. et de la phys. Paris 1886.
17. Ellenberger u. Müller, Handbuch der vergleichenden Anatomie der Hausthiere. Berlin 1896.
18. Eyssonii, Henrici, Tractatus anat. et med. de ossibus infantis accessit Volch. Coiteri, eorundem oss. hist. Groningae 1659.
19. Fagerlund, Ueber die Entwicklung der Knochenkerne der Gliedmaassen im ersten Lebensjahre. Wiener med. Presse 1890. No. 5 u. 6.
20. Foltz, Homologie des membres pelvines et thoraciques. 1863.
21. Gegenbaur, Vergleichende Anatomie der Wirbelthiere. 1898.
22. Gegenbaur, Lehrbuch der Anatomie des Menschen. 1890.
23. Greding (Nesbitt). Osteogenie etc. Altenburg 1753.
24. Gruber, Ueber den Fortsatz des Seitenhöckers des Metatarsale V. Arch. f. Anat. u. Phys. Reichert und Du Bois-Reymond. Bd. 69. 1875.
25. Gruber, Auftreten der Tuberos. des Os metatars. V. Arch. f. pathol. Anat. und Phys. Bd. 99. p. 460—471. Ferner Arch. f. Anat. und Phys. Bd. 102, 103.
26. Gruber, Vorläufige Mittheilungen über die secundären Fusswurzelknochen. 1864. Arch. f. Anat. und Phys. Du Bois-Reymond. Bd. 63.

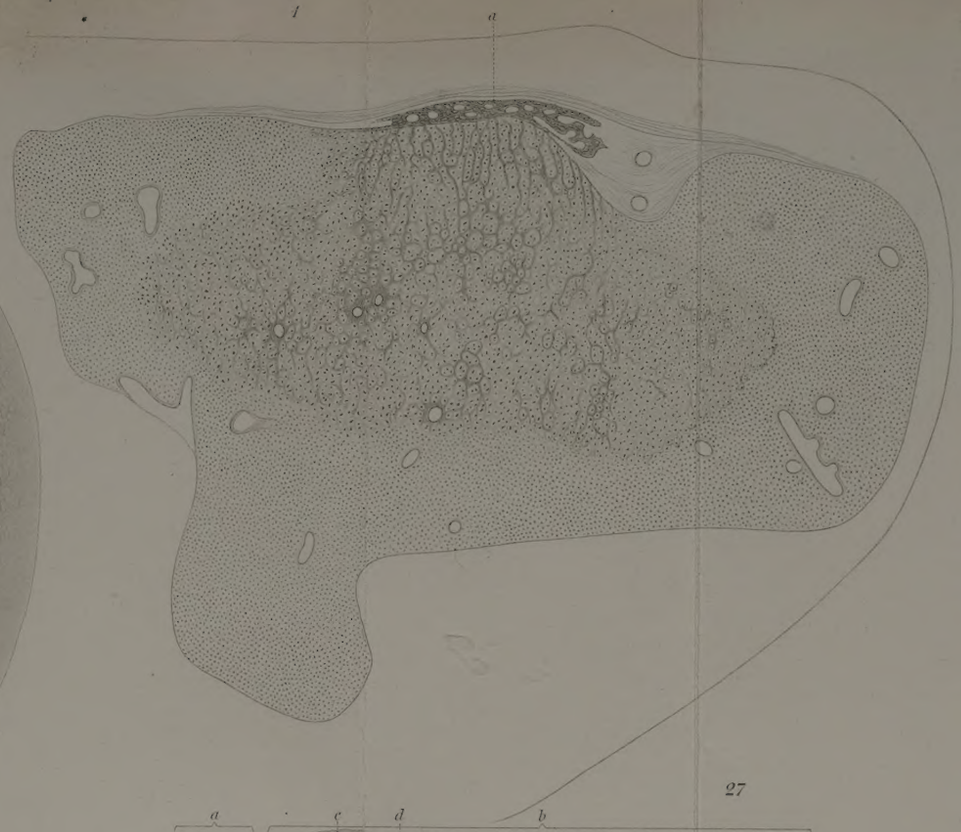
26a. Hahn, Röntgographische Untersuchungen über das Verhalten der Epiphysen der Unterschenkelknochen während des Wachsthums. Festschrift zum 70. Geburtstag von Karl v. Kupffer. Jena 1899.

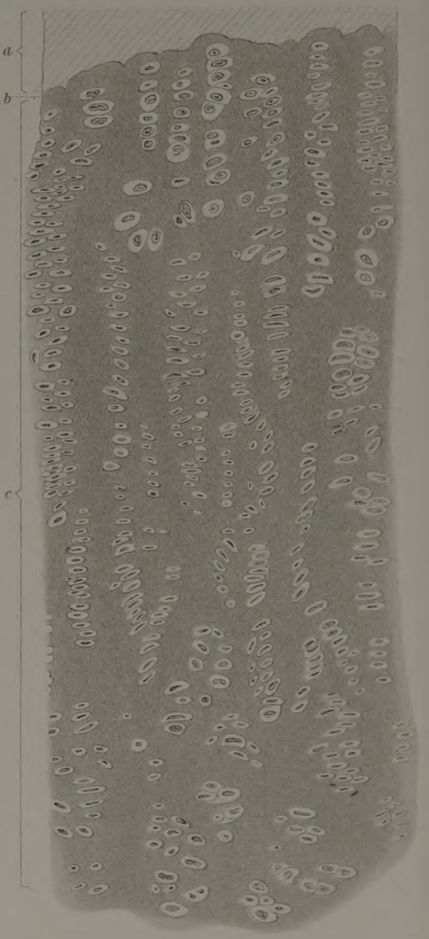
27. Hartmann u. Mordret, Sur un point d'anatomie du premier cunéif. 1869.

28. Hecker, Ueber das Gewicht des Fötus und seiner Anhänge. Monatschr. f. Geburtskunde. XXVII, 4. 1866.
29. Henke u. Reyher, Studien über die Entwicklung der Extremitäten. Wiener Akademie, Berichte. Bd. 70. III. Juliheft 1874.
30. Hertwig, Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Wirbelthiere. Jena 1893.
31. Hildebrandt (Weber), Handbuch der Anatomie des Menschen. 1830.
32. Kehrer, Beiträge zur Kenntniss des Carpus und Tarsus der Amphibien. 1886.
33. Kerckring, Specilegium anatomicum. Amsterdam 1670.
34. Kölliker, Grundriss der Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere. Leipzig 1884.
35. Kollmann, Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen. Jena 1898.
36. Krause, Handbuch der Anatomie des Menschen. Leipzig 1901.
37. Lambertz, Die Entwickelung des menschlichen Knochenskelets während des fötalen Lebens. Fortschr. auf d. Gebiet der Röntgenstr. 1900.
38. Langer-Toldt, Lehrbuch der system. und topogr. Anatomie. Wien 1893.
39. Meckel, Handbuch der Anatomie. 1816.
40. Morestin, Note pour servir à l'étude de l'anatomie du calcanéum. Bull. de la soc. anat. de Paris. Année 69. 1894. Sér. 5 T. 8. F. 23.
41. Nikolai, Beschreibung der Knochen des menschlichen Fötus. Münster 1829.
42. Pfitzner, Anthropolog. Beziehungen der Hand- und Fussmaasse. Morpholog. Arbeiten. Bd. 2. 1893.
43. Pfitzner, Die kleine Zehe. Archiv f. Anat. und Phys. 1890.
44. Ders., Fall von beiderseitiger Doppelbildung der 5. Zehe. Morphol. Arbeiten. 1896.
45. Ders., Variationen im Aufbau des menschlichen Extremitätenskelets. Morpholog. Arbeiten. Bd. 5. 1896.
45 a. Quain's Anatomy 10. Edition. 1895.
46. Pye, On the growth rate of the bones. Journ. of anat. and physiol. XXIII. P. 1 p. 116—123.
47. Rambaud et Renault, Origine et développement des os. Paris 1864.
48. Ranke, Ossification der Hand unter Röntgenbeleuchtung. Münchner med. Wochenschrift 1898.
49. Rauber, Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Leipzig 1892.
50. Reichel, Chr. G., De ossium artu. Leipzig.
51. Retterer, Contribution au développement du squelette chez l'homme et les mammifères. Journ. d'anatomie et de la phys. Paris 1886.
52. Sappey, Traité d'anatomie descriptive. Paris 1888.
52 a. Schomburg.
53. Schultze, Grundriss der Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Säugethiere. Leipzig 1897.
54. Schwegel, Die Entwicklungsgeschichte der Knochen des Stammes und der Extremitäten etc. Sitzber. der Akad. der Wiss. Wien. 1859.
55. Thane, Specimen of divided internal cuneif. bone etc. Journ. of anat. and phys. Vol. 28. New Ser. Vol. 8 P. 4 p. XX.
56 a. Thilenius, Accessorische und echte Skeletstücke. Anat. Anz. Bd. 13 No. 18.
56 b. Thilenius, Untersuchungen über die morphol. Bedeutung access. Elemente. Morphol. Arbeiten. 1896.
57. Thorens, Développement des os du pied. Bull. de la soc. anat. de Paris. Févr. 1873. p. 187.
57 a. Thomson, Allen, Journ. of anat. and phys. Vol. III.
58. Testut, Traité d'anatomie humaine. Paris 1895.

59. Toldt, Anatomischer Atlas etc. Berlin-Wien 1900.
60. Tornier, Gust., Ueber Fussknochenvariation etc. Sitzber. d. Ges. naturf. Freunde zu Berlin. 1894.
61. Vierordt, Daten und Tabellen. Jena 1888.
62. Welcker, Die morphol. Bedeutung des ersten Daumengliedes. Göttingen 1884.
63. Wiedersheim, Grundriss der vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere. 1892.
64. Winckel, v., Lehrbuch der Geburtshilfe.
65. Windle, The occurrence of an additional phalanx in the human pollex. Journ. of anat. and physiol. XXVI P. 1.







Verlag von Erwin Nägele, Stuttgart.

Lith. Anst. v. Werner & Winter, Frankfurt a. M.

K. Hofbuchdruckerei Zu Gutenberg, Carl Grüninger (Klett & Hartmann), Stuttgart.